ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 MAI 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Paul Fourmarier**, Correspondant de l'Académie, **Raymond Cecil Moore**, Professeur de géologie à l'Université de Lawrence, Kansas, **Ragner Frisch**, Professeur à l'Université d'Oslo, **Hermann Wold**, Professeur à l'Université d'Upsal, **Jacob Marschak**, **Milton Friedman**, **Jimmie Savage**, Professeurs à l'Université de Chicago, **Paul Samuelson**, Professeur à l'Institut de technologie du Massachusetts, **Kenneth Arrow**, Professeur à l'Université de Stanford, Californie, **Bruno de Finetti**, Professeur à l'Université de Trieste, **George Shackle**, Professeur à l'Université de Liverpool, qui assistent à la séance.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Rotativités de l'ammoniac gazeux et liquéfié.* Note de MM. **René de Mallemann**, **François Suhner** et **André Malevergne**.

Au cours d'expériences déjà anciennes [1], on avait constaté que la rotativité de l'ammoniac paraissait varier de manière exceptionnelle dans le passage du liquide au gaz (le rapport des rotations spécifiques respectives différerait très notablement du nombre théorique $9n/(n^2+2)^2$. Pour éliminer toute cause d'incertitude, les mesures ont été reprises dans des conditions plus strictement définies (en ce qui concerne spécialement la détermination des *densités*).

1. *Liquide.* — On est parti de l'ammoniac liquide du commerce : le produit vaporisé est desséché sur CaO, puis liquéfié dans un mélange de carboglace et d'acétone; on redistille et recueille ce qui passe à température fixe :

---

[1] R. de Mallemann et P. Gabiano, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 829; R. de Mallemann, *Ann. de Phys.*, 11°S., 17, 1942, p. 51.

É — 34°, sous 750 mm. Les *densités* ont été mesurées à la balance hydrostatique (sauf une, prise à —36° dans un picnomètre), pour une série de températures allant du point d'ébullition (— 34°) au point de solidification (— 77°). Les *indices de réfraction* ont été observés, dans le même intervalle, à l'aide d'un réfractomètre de Suhner. Les *constantes de Verdet* Λ sont déterminées par comparaison avec les rotations du CS^2, dans le champ d'un électroaimant [technique déjà décrite (²)].

$\lambda = 578$ mμ.

t (°C).	d (g:cm³).	n.	$\Lambda.10^2$ (min.).	$[\Lambda].10^6$ (rad.).	$[\Omega].10^5$ (rad.).
— 77 (sol.)	0,733	1,3944	2,01	7,99	6,44
— 70	0,725	1,3898	1,99	8,00	6,47
— 60	0,713	1,3830	1,96	8,01	6,51
— 50	0,701	1,3760	1,93	8,01	$6,54^5$
— 40	0,689	1,3686	1,89	8,01	6,58
— 36	$0,684^5$	1,3654	1,88	8,00	$6,58^5$
— 34 (éb.)	0,682	1,3638	1,87	8,00	6,59

$$\text{Dispersions : } \frac{546}{578} = 1,13^5, \quad \frac{436}{578} = 1,91,$$

On constate que la *rotation spécifique* [Λ] *reste pratiquement constante du point d'ébullition au point de solidification*, tandis que *la rotativité* [Ω] *augmente avec la température* (de 2 % environ, dans le même intervalle).

Rotation *moléculaire* du liquide : $[\Lambda]_M = 13,6.10^{-5}$ rad. (en bon accord avec le nombre trouvé autrefois).

2. *Gaz.* — Le tableau ci-dessous rassemble les résultats de deux séries d'expériences effectuées sous des pressions voisines de 4 atm, *les densités ayant été directement mesurées, dans les conditions mêmes des observations magnéto-optiques* (par pesée du liquide vaporisé dans le tube polarimétrique jaugé).

$\lambda = 578$ mμ.

	p (mm).	t (°C).	$d_t^p.10^3$ (g:cm³).	$Hl.10^{-3}$ (C. G. S.).	2ρ (degrés).	$\Lambda_t^p.10^6$ (min).	$\Lambda_0^{760}.10^6$ (min).	$[\Lambda].10^6$ (rad).	$[\Lambda]_M.10^5$ (rad).
a	3324	18,3	3,36	613,6	1,69	82,6	$20,1^5$	7,15	$12,1^5$
b	3144	18,0	3,18	690,0	1,80	78,2	20,0	7,15	$12,1^7$

$$\text{Dispersions : } \frac{546}{578} = 1,13^5, \quad \frac{436}{578} = 1,90.$$

Les *dispersions* sont pratiquement identiques pour le liquide et le gaz.

(²) R. DE MALLEMANN, F. SUHNER et A. MALEVERGNE, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1385; A. MALEVERGNE, Diplôme d'Études Supérieures, Nancy, 1951.

D'après les tables, la densité (expérimentale) normale est : $d_0^{760} = 7710.10^{-7}$, d'où :

$$\Lambda_0^{760} = 7,15.10^{-6} \times 771.10^{-6} = 5,51.10^{-9} \text{ rad} = 19,0.10^{-6} \text{ min.}$$

Les Λ_0^{760} du tableau sont calculés à partir des Λ_t^p comme s'il s'agissait d'un gaz *parfait* : la croissance des nombres avec p montre l'effet de la *compressiblité.* Les mesures anciennes, faites sous 1500 mm environ, donnaient de même des Λ_0^{760} plus faibles (compris entre 18,8 et 19,7). D'après une mesure récente, effectuée sous 750 mm ($t = 18°$), nous trouverions directement 19,0, mais ce dernier résultat ne suffirait pas à lui seul, les rotations étant ici trop petites ($\rho = 11$ min.) pour garantir une précision supérieure à 5 %.

Dans tous les cas, $[\Omega]$ *calculé pour le liquide est notablement inférieur à la rotation spécifique du gaz ;* par exemple, on trouve à — 36°

$$\frac{[\Lambda]_G}{[\Lambda]_L} = \frac{7,15}{8,0} = 0,89 \qquad \text{et} \qquad \frac{9n}{(n^2+2)^2} = 0,823,$$

soit une différence atteignant près de 10 %, supérieure à tous les écarts constatés jusqu'à présent (pour les substances *positives*). Ce résultat confirme une remarque déjà faite : la rotativité des molécules *polaires* serait systématiquement plus grande que la valeur calculée à partir de la rotation spécifique du liquide et du facteur $(n^2+2)^2$; ainsi, pour les oxydes de CH_3 et C_2H_5, l'écart approche 5 % et leurs molécules ont des polarités moins fortes que celles de NH_3.

3. *Réfractivités.* — Il importe cependant de voir si la réfractivité de NH_3 s'exprime de manière satisfaisante sous la forme dite de Lorenz-Lorentz (sinon, il n'existerait plus aucune raison *a priori* susceptible de laisser prévoir un rapport $[\Omega]$ *constant*). Or, d'après les nombres du premier tableau, la quantité $3(n^2-1)/d(n^2+2)$ vaut, en moyenne, $0,980^5$, *l'écart maximum ne dépassant guère un millième* (de l'ébullition à la solidification); on retrouve d'ailleurs le nombre 0,981 à partir d'une donnée tabulaire ($n = 1,325$, $d = 0,615$, à 16°,5).

Au surplus, pour le *gaz* : $n_0^{760} = 1,000377$ (d'après Mascart); d'où la *réfractivité* : $2 \times 0,000377 : 0,000771 = 0,978$.

L'invariance de la réfractivité de Lorentz, dans les états liquides et gazeux, est donc ici *remarquablement vérifiée.* (A partir de la relation de Gladstone, on trouverait au contraire des différences qui dépassent 10 %).

Conclusion. — *L'évaluation de la rotativité magnétique paraît susceptible de déceler des comportements moléculaires (polarité, association, isomérie) qui n'ont aucun effet appréciable sur la grandeur de la réfractivité* ([3]).

([3]) Il va sans dire que les réfractivités et rotativités, au sens propre du mot, ont respectivement les valeurs calculées pour les *gaz*.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption infrarouge et spectres Raman des ozonides*. Note de MM. **Émile Briner, Bernard Susz** et **Edouard Dallwigk.**

Les ozonides des corps organiques ont fait déjà l'objet de nombreuses recherches dans le Laboratoire de Chimie physique de l'Université de Genève. Dans cette Note, nous communiquons quelques résultats obtenus en appliquant aux ozonides les méthodes de la spectrographie Raman et de la spectrographie d'absorption infrarouge, ce qui, à notre connaissance, n'avait pas encore été fait dans d'autres Laboratoires.

L'instabilité, plus ou moins marquée des ozonides (certains d'entre eux sont des explosifs violents), explique pourquoi les mesures physiques et physicochimiques ont été relativement peu employées à leur examen. Une étude énergétique ([1]), portant sur la formation et la décomposition des ozonides, a montré le caractère de cette instabilité et conduit aux procédés de travail à mettre en œuvre lorsqu'on soumet les ozonides aux mesures. Il convient notamment de tenir compte des processus de scission (souvent mis à profit, sous le nom d'ozonolyses, par les chimistes organiciens), qui, selon l'étude citée plus haut, s'accomplissent spontanément, et d'autant plus vite que l'ozonide est plus concentré. La préparation de produits à des degrés d'ozonation croissants et bien déterminés revêt alors une grande importance; à cet effet nous avons utilisé une méthode appropriée ([2]) d'ozonation quantitative.

Dans plusieurs travaux antérieurs ([3]), de nombreux ozonides de composés à double liaison ([4]), ont été soumis aux déterminations de spectres Raman. Mais, malgré que l'on ait opéré sur des produits fortement ozonés, les raies trouvées, susceptibles de caractériser les ozonides, ont été peu intenses.

Des essais récents nous ont montré que la spectroscopie d'absorption infrarouge, en raison de la commodité, de la rapidité et de la sensibilité des mesures, se prêtait particulièrement bien à l'étude des ozonides et de leurs transformations ([5]).

([1]) E. Briner, *Helv. Chim. Acta*, 22, 1939, p. 531 et Mémoire d'ensemble, *Bull. Soc. Chim. de France*, 15, 1948, p. 65.

([2]) E. Briner et E. Biedermann, *Helv. Chim. Acta*, 15, 1932, p. 1227 et E. Briner, Mémoire d'ensemble, *loc. cit.*

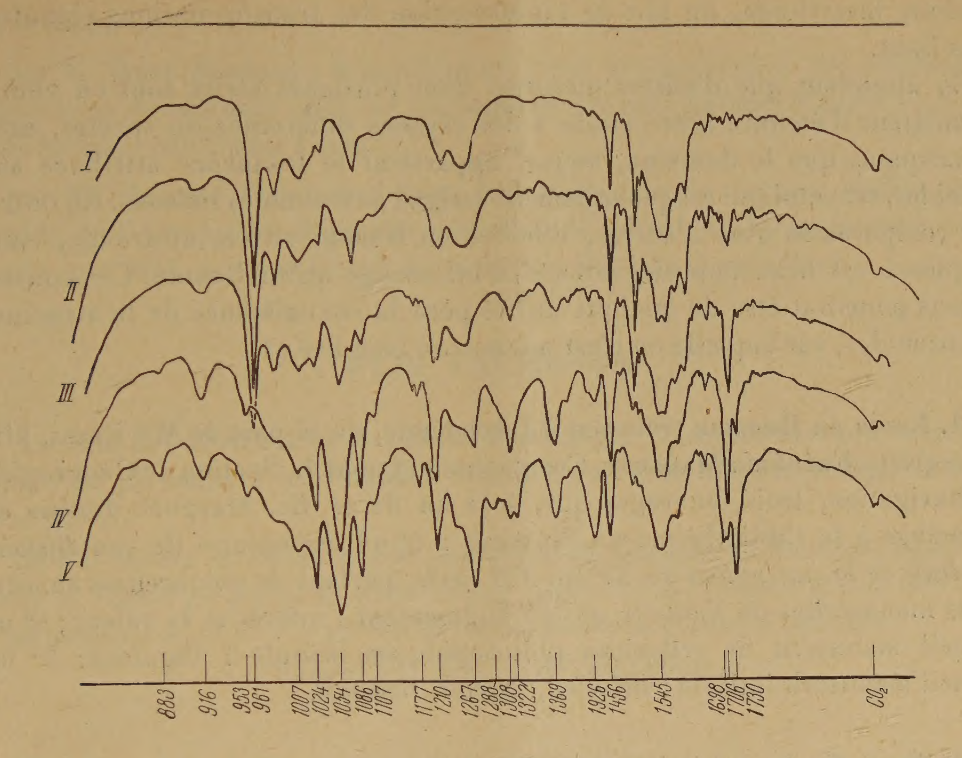
([3]) *Voir* notamment : E. Briner, E. Perrottet, H. Paillard et B. Susz, *Helv. Chim. Acta*, 19, 1936, p. 558 et 1163; E. Briner, S. de Nemitz et E. Perrottet, *ibid*, 21, 1938. p. 748.

([4]) En particulier des dérivés de l'eugénol et de l'isoeugénol, l'anéthol, l'estragol et les maléate et fumarate d'éthyle.

([5]) *Voir* E. Briner, B. Susz et E. Dallwigk, *Helv. Chim. Acta*, 35, 1952. p. 340; B. Susz, E. Dallwigk et E. Briner, *ibid*, 35, 1952, p. 345 et E. Dallwigk, B. Susz et E. Briner, *ibid*, 35, 1952, p. 353.

M. Jean Lecomte nous a donné, à plusieurs reprises, des conseils éclairés, concernant la technique de la spectrographie d'absorption infrarouge.

Voici, par exemple, comment se présente une série de spectres relatifs à l'ozonation du *trans*-stilbène en solution :



En abscisses, sont indiquées les fréquences, exprimées en cm^{-1}, répondant aux minima d'intensité des principales bandes d'absorption : I. Solution $\frac{1}{4}$ molaire de *trans*-stilbène dans CCl_4; II. Solution ozonée à 11 % ; III. à 30 % ; IV. à 68 % ; V. à 86 %. On remarquera, en particulier, la bande répondant à la fréquence 1706 cm^{-1} ; elle apparaît déjà au degré 11 % et s'accentue avec l'accroissement d'ozonation ([6]) ; tandis que la bande 961 cm^{-1} du *trans*-stilbène disparaît dès le degré 86 %. Aux degrés supérieurs d'ozonation, et surtout pour les spectres pris un certain temps après l'ozonation, il se produit des changements marqués par de nouvelles bandes, dont certaines appartiennent aux produits de scission.

Nous avons considéré la bande 1706 cm^{-1} comme caractéristique de l'ozonide de *trans*-stilbène. Pour les autres composés ([7]), dont l'ozonation a été étudiée, une bande présentant les mêmes caractères et que, de ce fait, nous avons attribuée aux ozonides, apparaît à des fréquences allant de 1680 à 1770 cm^{-1}, suivant le type de composé.

D'autre part, les déterminations des spectres infrarouges ont permis de confirmer l'attribution, aux ozonides, de certaines des fréquences trouvées aupa-

([6]) Dans l'ozonation du *cis*-stilbène, la bande apparaît à la même fréquence.

([7]) Nous avons déterminé les spectres des ozonides de : stilbène, styrène, anéthol, méthylisoeugénol, benzène, naphtalêne, cyclohexène, limonène, cariophyllène, nopinène, maléate et fumarate d'éthyle.

ravant par la spectrographie Raman; car ces fréquences, obtenues pour des produits fortement ozonés, et après des poses prolongées, pouvaient comporter quelque incertitude, du fait de l'intervention des transformations signalées plus haut.

En attendant que d'autres mesures, dont plusieurs séries sont en cours, permettent d'étendre notre étude à des régions différentes du spectre, nous remarquons que le domaine, auquel appartient la fréquence attribuée aux ozonides, est celui qui est généralement assigné aux doubles liaisons. En outre, par comparaison avec d'autres, relevées en Raman ou en infrarouge, cette fréquence est beaucoup plus intense en infrarouge qu'en Raman. Ces constatations pourront être de quelque utilité pour la connaissance de la structure des ozonides, sur laquelle on n'est pas encore bien fixé ([8]).

M. Louis de Broglie transmet à l'Académie, de la part de Mme Bensa, fille du regretté Frédéric Marguet, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, trois Ouvrages que, à la fin de sa vie, Marguet destina en hommage à la Bibliothèque de l'Institut : 1° un exemplaire de son *Histoire générale de la navigation du XVe au XXe siècle*, portant de nombreuses annotations manuscrites de l'auteur qui en augmentent l'intérêt et la valeur; 2° un recueil manuscrit de réflexions philosophiques intitulé : *Esquisses;* 3° un recueil manuscrit intitulé : *Religion, Cosmos, Destinée.*

M. René Souèges fait hommage d'un Mémoire qu'il vient de publier en collaboration avec M. Pierre Crété : *Les acquisitions les plus récentes de l'embryogénie des angiospermes* (1947-1951).

M. Maurice Caullery remet à l'Académie un exemplaire de la traduction en langue anglaise, par Averil M. Lysaght, de son Ouvrage : *Parasitism and symbiosis*, d'après la seconde édition française.

M. le Secrétaire perpétuel dépose sur le Bureau un Mémoire posthume de Maurice Leriche intitulé : *Les poissons tertiaires de la Belgique* (*Supplément*).

M. Raymond Cornubert adresse à l'Académie un exemplaire de son *Dictionnaire chimique anglais-français. Mots et locutions fréquemment rencontrés dans les textes anglais et américains.*

([8]) Pour de futures déductions, signalons que, sauf dans un cas où elle est apparue très faible, nos spectres d'ozonides ne renferment pas la bande attribuée, dans la région 873 à 883 cm^{-1}, à la liaison peroxydique —O—O— par Leadbeater (*Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 929).

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Gustave Ribaud** : *Physique des guides d'ondes électromagnétiques*, par Théo Kahan.

par M. **René Souèges** : *Répartition et intérêt phylogénétique des albumens à formations haustoriales chez les angiospermes et plus particulièrement chez les gamopétales*, par Pierre Crété.

par M. **Albert Demolon** : *Carte pédologique de la France*, établie sous l'égide de l'Association française pour l'étude du sol, et *Notice* jointe à cette Carte, par MM. Auguste Oudin, G. Aubert et Philippe Duchaufour.

PLIS CACHETÉS.

Au nom des héritiers de **Alphonse Penaud**, Mme **Cogniet** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 15 mars 1875 et enregistré sous le n° 2902.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Mémoire intitulé : *Texte et Plan d'un projet de ballon captif applicable à la guerre et à la météorologie présenté le* 28 *février* 1875 *à la Commission d'Aréostation militaire.*

(Renvoi à la Section de mécanique.)

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée d'une **Exposition de Préparations biologiques**, qui aura lieu à Ancone, dans le cadre de l'**Exposition internationale de la Pêche et des activités voisines**, du 12 au 31 juillet 1952.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Organisation météorologique mondiale. Commission des instruments et méthodes d'observation. Sous-commission d'aérologie expérimentale. *Comparaison mondiale des Radiosondes*. Payerne, 8-30 mai 1950. *Acte final*. Vol. III.

2° Union internationale de Chimie pure et appliquée. *Comptes rendus de la seizième Conférence*. New York City et Washington, 8-15 septembre 1951.

3° *Atti del convegno internazionale di meteorologia marittima. Genova*, 20-22. IX. 1951.

4° Institut universitaire roumain Charles Ier. *Bulletin scientifique roumain*. Tome I, 1952 (Paris).

5° Central mathematical Institute (Prague). *Časopis pro pěstování matematiky*. Vol. 1, nos 1, 2.

ALGÈBRE. — *Logarithmétiques des quasi-groupes finis.*

Note (*) de Mlle **Hélène Popova**, présentée par M. Paul Montel.

Un *quasi-nombre* d'une algèbre A, linéaire, non associative, sera défini comme une classe de puissances $r, s, \ldots$, telles que $x^r = x^s = \ldots$ pour tous les éléments x appartenant à A.

Si les opérations $+, .$ sont définies comme

$$x^{r+s} = x^r x^s, \qquad x^{rs} = (x^r)^s,$$

la *logarithmétique* (Etherington, 1941) de A est une algèbre qui comporte tous ses quasi-nombres avec les opérations $+, .$

Le quasi-nombre r d'une algèbre finie $A(a_1, \ldots, a_n)$ sera représenté par un vecteur $r = \{a_1^r, \ldots, a_n^r\}$ obéissant aux règles de l'addition et de la multiplication, soit $r = \{\alpha_1, \ldots, \alpha_n\}$ et $s = \{\beta_1, \ldots, \beta_n\}$, $r + s = \{\alpha_1\beta_1, \ldots, \alpha_n\beta_n\}$, $rs = \{\alpha_1^s, \ldots, \alpha_n^s\}$, $sr\{\beta_1^r, \ldots, \beta_n^r\}$.

La logarithmétique d'un quasi-groupe fini $Q = (1, 2, \ldots, n)$ sera désignée par L_Q. Elle peut être représentée par un ensemble de vecteurs $\{a_1, \ldots, a_n\}$, où $a_1, \ldots, a_n$ est une permutation, dans laquelle les répétitions sont permises, de $1, 2, \ldots, n$.

Par logarithmétique L_a d'un élément a de Q nous entendons l'ensemble de toutes les diverses puissances de a.

Par ordre r_i, d'un élément a_i de Q nous désignons l'ordre du quasi-groupe engendré par a_i.

Théorème 1. — *La logarithmétique d'un quasi-groupe fini est un quasi-groupe par rapport à l'addition.*

Théorème 2. — *La logarithmétique d'un quasi-groupe fini est une union sous-directe des logarithmétiques de ses éléments.*

Corollaire 1. — *L'ordre,* N, *de* L_Q, *ne peut être plus grand que le produit des ordres de tous les éléments de* Q : $N \leqq r_1 r_2 \ldots r_n$.

Corollaire 2. — *Si* $N = r_1 r_2 \ldots r_n$, L_Q *est une union directe des logarithmétiques* L_{a_i} *de tous les éléments de* Q.

Soit $Q = (1, 2, \ldots, n)$. L'ensemble de tous les quasi-nombres $\{i, \ldots\}$ de L_Q sera désigné par A_i. Il résulte des propriétés des quasi-groupes que $A_{ij} = A_i + A_j$, où nous désignons par $A_i + A_j$ l'ensemble de tous les vecteurs de la forme $\{i, \ldots\}\{j, \ldots\}$.

Théorème 3. — *Si* $Q = (1, 2, \ldots, n)$ *est un quasi-groupe avec un seul générateur,*

(*) Séance du 28 avril 1952.

1° *toutes les classes* A_i *sont du même ordre;*

2° $L_Q(+)$ *est homomorphe à* Q *par l'homomorphisme :* $\{$ *tous les quasi-nombres de* $A_i \} \to i$.

Cela peut être généralisé comme suit :

Théorème 4. — *Si l'élément i d'un quasi-groupe* $Q = (1, 2, \ldots, n)$ *engendre un sous-quasi-groupe* $Q_i = (c_1, \ldots, c_r)$, *et si* C_m *désigne la classe de tous les quasi-nombres ayant* c_m *à la* $i^{\text{ième}}$ *place, alors tous les* C_m *sont du même ordre, et* $L_Q(+)$ *est homomorphe à* Q *par :* $\{$ *tous les quasi-nombres de* $C_m \} \to c_m$.

Corollaire. — *L'ordre de* L_Q *est un multiple de l'ordre de chaque quasi-groupe engendré par un élément de* Q.

Il s'ensuit immédiatement que pour un quasi-groupe ayant un seul générateur, par exemple 1, $N = np$, où p est l'ordre de A_i.

Au sujet de l'ordre p de A_i, nous trouvons que :

Lemme 1. — $p = p_1 p_2$, *où* p_1 *est le nombre des divers éléments* a_2^{is} *situés à la seconde place des vecteurs* $\{ i, a_2^{is}, \ldots \}$ *représentant les quasi-nombres de* A_i, *et* p_2 *le nombre des divers quasi-nombres de la forme* $\{1, 2, \ldots\}$.

En général :

Lemme 2. — *Si parmi les vecteurs représentant les quasi-nombres de* C_Q *il y a p vecteurs distincts, ayant m premières places en commun, chaque classe de vecteurs ayant m premières places en commun est de l'ordre p.*

Un quasi-groupe Q, d'ordre n, sera appelé *plein*, s'il est simple et n'a pas de sous-quasi-groupe d'un ordre k, tel que $1 < k < n$. Évidemment, chaque élément d'un quasi-groupe plein est son générateur.

Soit un quasi-groupe plein $Q = (1, 2, \ldots, n)$.

Nous appellerons B_i l'ensemble de tous les divers éléments de Q situés à la seconde place de vecteurs de A_i. On peut montrer que la table de multiplication de B_i est $B_i B_j = B_{ij}$; d'où nous déduisons les quatre théorèmes suivants :

Théorème 5. — *Si deux classes* B_r *et* B_s *de* Q *ont un élément en commun, ils ont tous les éléments en commun.*

Théorème 6. — *S'il y a r, et seulement r classes* B_i, *parmi* $B_i, \ldots, B_n$, *qui contiennent les mêmes éléments que* B_i, *alors chaque classe* $B_k (k = 1, \ldots, n)$ *possède r, et seulement r classes* B_j *avec lesquelles elle a tous les éléments en commun.*

Théorème 7. — *Si* θ *est simple et que son ordre est un nombre premier, et que deux des classes* B_i *se composent des mêmes éléments, alors tous les* $B_1, \ldots, B_n$ *sont les mêmes.*

Théorème 8. — *Dans un quasi-groupe plein les ordres de* B_i *sont soit* 1 *soit* n.

Finalement, du lemme 1 et des théorèmes 3 et 8, nous déduisons :

Théorème 9. — *L'ordre de la logarithmétique d'un quasi-groupe plein est une puissance de l'ordre du quasi-groupe* $N = n.n\ldots n$.

ALGÈBRE. — *Sur le* G-*radical d'un anneau topologique.* Note de M. **Kiyoshi Iséki**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

« Cette Note a pour but d'étudier les caractères du radical de Brown-Mc Coy sur les anneaux topologiques. Dans ce G-anneau que nous avons défini, je prouve que ce radical est fermé et particulièrement qu'un anneau non radical sans idéaux fermés permet l'élément unité ».

Les premières théories systématiques des anneaux topologiques ont été développées en 1931 par D. van Dantzig. Plus récemment, les propriétés générales des anneaux topologiques ont été étudiées par I. Kaplansky ([1]). D'autre part, la notion de G-radical d'un anneau a été introduite par B. Brown-N. H. Mc Coy ([2]).

Définition 1. — *On dit qu'un anneau* R *est topologique, s'il est un espace topologique séparé et s'il vérifie l'axiome suivant :*

1° *Les applications* $(x, y) \to x - y$ et $(x, y) \to xy$ *de* $R \times R$ *dans* R *sont continues.*

L'idéal bilatère $G(a)$ engendré par l'ensemble $\{ax - x \mid x \in R\}$ est l'ensemble des sommes

$$ax - x + \sum_{i=1}^{n} (x_i a y_i - x_i y_i),$$

où n est un nombre naturel variable.

Définition 2. — *Un élément* a *d'un anneau* R *est dit* G-*régulier, si l'on a* $a \in G(a)$.

Définition 3. — *On dit qu'un idéal bilatère* $\mathfrak{A}$ *est* G-*régulier, si tout élément de l'idéal* $\mathfrak{A}$ *est* G-*régulier.*

L'ensemble de tout idéal G-régulier est un idéal bilatère et appelé G-radical de l'anneau R.

En général, le radical de N. Jacobson est proprement contenu dans un G-radical N. Nous poserons la définition suivante :

Définition 4. — *On dit qu'un idéal* $\mathfrak{A}$ *est* H-*régulier, s'il existe un élément* a *de* R *tel que* $G(a) \subset \mathfrak{A}$.

Cette définition et le théorème de Zorn entraînent les propositions suivantes :

Proposition 1. — Si $R \neq N$, il existe au moins un idéal maximal H-régulier.

Proposition 2. — Quel que soit un idéal G-régulier $\mathfrak{A}$, il existe un idéal maximal H-régulier qui contient $\mathfrak{A}$.

En appliquant la proposition 1, on déduit

---

(1) *Amer. Jour. of Math.*, 59, 1947, p. 153-183.

(2) *Duke Math. Journ.*, 15, 1948, p. 495-499.

THÉORÈME 1. — *Si* $R \neq N$, *le* G-*radical* N *est l'intersection des ensembles de tous les idéaux maximals* H-*réguliers.*

Dans une algèbre normée, il existe un voisinage U(o) de o tel que tout élément de U est G-régulier. Pour obtenir des théorèmes pour les anneaux topologiques, nous poserons la définition analogue dans une algèbre normée :

Définition 5. — *On dit qu'un anneau topologique est un* G-*anneau, s'il existe un voisinage* U *de* o *tel que tout élément de* U *est* G-*régulier.*

Cette définition implique les théorèmes suivants :

THÉORÈME 2. — *L'ensemble des éléments* G-*réguliers dans un* G-*anneau est ouvert.*

THÉORÈME 3. — *Le* G-*radical dans un* G-*anneau est fermé.*

La démontration de ces théorèmes ne présente pas de difficulté. On a le théorème suivant :

THÉORÈME 4. — *Un* G-*anneau dans des idéaux fermés est un anneau radical ou demi-simple avec un élément-unité.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions presque périodiques dans une bande.* Note de M. **FRANÇOIS GENUYS**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Si une fonction holomorphe adhère suffisamment à l'infini dans une bande suffisamment large à une certaine suite de polynomes de Dirichlet, nous allons montrer que cette fonction est presque périodique.

Nous utiliserons dans cette Note le théorème montré par M. Mandelbrojt dans les *Annales de l'École normale supérieure* (¹); les notations seront les mêmes.

1. THÉORÈME. — *a.* $\{\lambda_n\}$ $(n > 0)$ *est une suite d'entiers positifs croissants de densité moyenne supérieure* $\overline{D}^*$ *finie.*

b. $F(s)$ *est une fonction holomorphe, bornée, dans la bande* $\Delta : |\sigma| < \pi R$, *avec* $R > \overline{D}^*$.

c. $p(y)$ *est une fonction croissante vers l'infini, telle qu'il existe une fonction continue décroissante* $h(y)$, *avec* $\lim_{y=\infty} h(y) = \overline{D}^*$, *et une fonction croissante* $C(y)$ *telles que*

$$2\nu\big(h(y)\big) - p(y) < -C(y), \qquad \int^{\infty} C(y)\, e^{-\frac{1}{2}\int^{y}\frac{du}{R-h(u)}} dy = \infty,$$

où $\nu(D)$ *est la fonction d'excès de* $\{\lambda_n\}$

(¹) *Ann. Éc. norm. sup.*, (3), 63, 1946, p. 351.

d. *Les suites* $\{a_m^n\}$ *et* $\{b_m^n\}$ $(n > 0,\ m > 0)$ *sont telles que* $a_m^n = b_m^n = 0$ *si* $m > n$ *et que*

$$(1)\qquad \overline{\text{borne}}\ \overline{\text{borne}}_{s\in\Delta}\left| F(s) - \sum_1^n (a_m^n e^{-\lambda_m s} + b_m^n e^{\lambda_m s}) \right|^{\frac{1}{n}} \leqq e^{-\delta}.$$

CONCLUSION. — *La fonction* F(s) *est presque périodique dans une bande* $|\sigma| \leqq \delta$, *ses exposants de Fourier étant choisis dans les suites* $\{\lambda_n\}$ *et* $\{-\lambda_n\}$.

2. Nous poserons

$$\Lambda(z) = \prod_{m>0}\left(1 + \frac{z^2}{\lambda_m^2}\right) = \sum_0^\infty c_m z^{2m},$$

$$\prod_{m>k}\left(1 + \frac{z^2}{\lambda_m^2}\right) = \sum_0^\infty c_{k,m} z^{2m},$$

$$F_0(s) = \sum_0^\infty (-1)^m c_m F^{(2m)}(s),$$

$$f_k(s) = \sum_0^\infty (-1)^m c_{m,k} F^{(2m)}(s).$$

On montre, en utilisant les méthodes de ([1]), que la somme représentant $F_0(s)$ converge uniformément vers zéro dans tout domaine Δ_ε : $\sigma \leqq \pi(R - D') - \varepsilon$. Dans Δ_ε, la série définissant $f_k(s)$ converge également uniformément [lemme II de ([1])].

On a, d'autre part, en utilisant une idée de M. Brunk ([2]), reprise par M. Sunyer y Belaguer ([3])],

$$F_0(s) = \prod_{i\leqq k}\left(1 - \frac{1}{\lambda_i^2}\frac{d^2}{ds^2}\right) f_k(s) \equiv 0 \qquad (\text{dans } \Delta_\varepsilon),$$

ce qui entraîne

$$(2)\qquad f_k(s) = \sum_1^k (\alpha_i^k e^{-\lambda_i s} + \beta_i^k e^{\lambda_i s}).$$

3. Les λ_n étant croissants vers l'infini, nous avons

$$c_{k,m} \leqq c_m; \qquad \lim_{k=\infty} c_{k,m} = 0.$$

Nous avons aussi

$$f_k(s) = F(s) - \sum_1^\infty (-1)^m c_{k,m} F^{(2m)}(s).$$

([2]) *Bull. Amer. math. soc.*, 55, 1949.

([3]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 18.

Puisque $\Sigma c_m \mathrm{F}^{2m}(s)$ converge uniformément dans Δ_ε, $f_k(s)$ tendra uniformément vers $\mathrm{F}(s)$ dans Δ_ε.

En considérant la forme (2) de $f_k(s)$, on en déduit la conclusion du théorème.

4. Posons $\mathrm{F}(s) \sim \Sigma(\mathrm{A}_n e^{-\lambda_n s} + \mathrm{B}_n e^{\lambda_n s})$; certains des A_n et B_n pourront être nuls.

D'après (1), il existe, si petit que soit $\varepsilon > 0$, $y(\varepsilon)$ et $m(\varepsilon)$ tels que

$$\left|\mathrm{F}(s) - \sum_1^{m(\varepsilon)} (a_n^{m(\varepsilon)} e^{-\lambda_n s} + b_n^{m(\varepsilon)} e^{\lambda_n s})\right| < \varepsilon \quad \text{pour} \quad t \geqq y(\varepsilon) \quad \text{et} \quad s \in \Delta.$$

Puisque

$$\mathrm{A}_n = \lim_{\mathrm{T}=\infty} \frac{1}{\mathrm{T}} \int_y^{y+\mathrm{T}} \mathrm{F}(it)\, e^{\lambda_n it}\, dt,$$

on aura

$$|\mathrm{A}_n - a_n^{m(\varepsilon)}| < \varepsilon,$$

de même

$$|\mathrm{B}_n - b_n^{m(\varepsilon)}| < \varepsilon.$$

Si les A_n et B_n ne sont pas nuls à partir d'un certain indice, $m(\varepsilon)$ tend nécessairement vers l'infini quand ε tend vers zéro. Autrement dit, il existe une suite de nombres entiers m_i croissants vers l'infini telle que $a_n^{m_i}$ et $b_n^{m_i}$ tendent respectivement vers A_n et B_n pour tout n, quand i tend vers l'infini.

Si $\mathrm{A}_n = \mathrm{B}_n = 0$ pour $n > k$, ou bien la propriété précédente sera vérifiée, ou bien l'on aura $\lim\limits_{\varepsilon=0} m(\varepsilon) = m$; dans ce cas on aura alors

$$a_n^m = \mathrm{A}_n, \qquad b_n^m = \mathrm{B}_n.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une théorie axiomatique générale des déterminants*. Note de M. **Karl Menger**, transmise par M. Georges Bouligand.

Le trait saillant de la théorie des déterminants est que tout théorème concernant les lignes est valable pour les colonnes et réciproquement. D'autre part, Weierstrass, Carathéodory et Schreier, dans leur développement axiomatique de la théorie, n'usent que d'hypothèses concernant les lignes et en déduisent les énoncés analogues concernant les colonnes, tandis que M. Artin, dans une variante récente [1], n'admet que des hypothèses concernant les colonnes : l'additivité et l'homogénéité du déterminant en chaque colonne; le fait qu'un déterminant dont deux colonnes sont identiques prend la valeur zéro; et la loi $|\delta_i^k| = 1$ où $\delta_i^k = 1$ ou zéro selon que $i = k$ ou $i \neq k$.

Le problème se pose de déduire la théorie des déterminants d'un système d'hypothèses indépendantes qui ne favorise ni les lignes ni les colonnes. Parmi

---

[1] *Galois Theory*, 2e édit., *Notre Dame Mathematical Lectures*, n° 2, 1944.

les fonctions réelles de matrices carrées de nombres réels, les déterminants sont caractérisés ([2]) par les postulats suivants qui satisfont aux conditions mentionnées. Les déterminants sont : I. *semi-additifs inférieurement* en chaque ligne et *semi-additifs supérieurement* en chaque colonne : II. *semi-homogènes inférieurement* en chaque ligne (ou colonne) et *semi-homogènes supérieurement* en chaque colonne (ou ligne); III. ils prennent une valeur non négative si deux lignes sont identiques et une valeur non positive si deux colonnes sont identiques; IV. ils prennent la valeur 1 pour les matrices $\| \delta_i^k \|$.

On dit qu'une fonction de n vecteurs est *semi-additive* et *semi-homogène inférieurement* en v_i si

$$f(v_1, \ldots, v_i + v'_i, \ldots, v_n) \leqq f(v_1, \ldots, v_i, \ldots, v_n) + f(v_1, \ldots, v'_i, \ldots, v_n),$$

$$f(v_1, \ldots, cv_i, \ldots, v_n) \leqq cf(v_1, \ldots, v_i, \ldots, v_n) \qquad \text{pour tout } c \geqq 0.$$

la semi-additivité supérieure et la semi-homogénéité supérieure étant définies par les inégalités opposées.

Or l'hypothèse I peut être étendue aux fonctions réelles de matrices dont les éléments appartiennent à un groupe abstrait quelconque G pourvu que l'opération du groupe soit dénotée par $+$, et son élément neutre par zéro.

Théorème. — *Soit f une fonction réelle des matrices carrées à n^2 éléments de* G *qui est semi-additive inférieurement en chaque ligne et semi-additive supérieurement en chaque colonne. Alors f est additive en chaque ligne et en chaque colonne D'ailleurs, $f(\| a_i^k \|)$ est la somme de $n!$ termes $f(\| b_i^k \|)$ où à chaque permutation $i_1, i_2, \ldots, i_n$ des nombres* 1, 2, ..., n *il correspond un terme « quasi-diagonal » tel que $b_i^k = a_i^k$ ou* 0 *selon que $i = i_k$ ou $\neq i_k$.* Par exemple,

$$(1) \quad f\begin{pmatrix} a_1^1 & a_1^2 & a_1^3 \\ a_2^1 & a_2^2 & a_2^3 \\ a_3^1 & a_3^2 & a_3^3 \end{pmatrix} = f\begin{pmatrix} a_1^1 & 0 & 0 \\ 0 & a_2^2 & 0 \\ 0 & 0 & a_3^3 \end{pmatrix} + f\begin{pmatrix} a_1^1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_2^3 \\ 0 & a_3^2 & 0 \end{pmatrix} + \ldots + f\begin{pmatrix} 0 & 0 & a_1^3 \\ 0 & a_2^2 & 0 \\ a_3^1 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Il est donc évident que les hypothèses II, III, IV ne jouent qu'un rôle secondaire. Admettant l'hypothèse III (d'ailleurs restreinte à des matrices très particulières), on démontre que

$$(2) \qquad f(\| a_i^k \|) = \Sigma (-1)^s g(a_{i_1}^1, a_{i_2}^2, \ldots, a_{i_n}^n),$$

où

$$g(a_{i_1}^1, a_{i_2}^2, \ldots, a_{i_n}^n) = f\begin{pmatrix} a_{i_1}^1 & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & a_{i_2}^2 & \ldots & 0 \\ \cdot & \cdot\cdot & \ldots & \cdot \\ 0 & 0 & \ldots & a_{i_n}^n \end{pmatrix},$$

où $s = 0$ ou 1, selon que la permutation est paire ou impaire, et où la somme est prise pour les $n!$ permutations $i_1, i_2, \ldots, i_n$ de 1, 2, ..., n. La fonction g

---

([2]) M. Frank Kozin publiera les détails de la démonstration de ce théorème dans sa thèse de licentiat.

de n éléments de G est symétrique. Réciproquement à toute fonction symétrique de n éléments de G il correspond une fonction f des matrices carrées à n^2 éléments de G qui est additive en chaque ligne et en chaque colonne ; f est liée à g par la relation (2).

Soit maintenant G un anneau avec une multiplication commutative et une unité 1. Si l'on suppose que

$$f\begin{pmatrix} b_1 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & cb_i & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \dots & \dots & b_n \end{pmatrix} = cf\begin{pmatrix} b_1 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & b_i & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & b_n \end{pmatrix}$$

ce qui est une forme très restreinte du postulat II, alors $f(\| a_i^k \|)$ est le produit du déterminant classique $| a_i^k |$ et du nombre $f(\| \delta_i^k \|)$. Donc l'hypothèse IV garantit que $f(\| a_i^k \|) = | a_i^k |$.

L'hypothèse que G soit un anneau avec une unité, peut être introduite aussitôt que la décomposition (1) est établie. En supposant que la valeur de f pour toute matrice quasi diagonale est multipliée par c si un terme non nul de la matrice est multiplié par c ($c > 0$) (ce qui est encore une forme très restreinte du postulat II), alors de (1) on déduit

$$(3) \qquad f\begin{pmatrix} a_1^1 & a_1^2 & a_1^3 \\ a_2^1 & a_2^2 & a_2^3 \\ a_3^1 & a_3^2 & a_3^3 \end{pmatrix} = a_1^1 a_2^2 a_3^3 f\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} + a_1^1 a_3^2 a_3^2 f\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} + \dots$$

Une forme extrêmement faible du postulat III garantit que, pour toute matrice quasi diagonale ne contenant que des unités, f prend la valeur 1 ou -1 selon qu'il s'agit d'une permutation paire ou impaire.

Remarquons que, des fonctions réelles, notre théorème peut être étendu aux fonctions à valeurs appartenant à un groupe abstrait G_1 (qui d'ailleurs n'est pas nécessairement identique à G) en supposant l'additivité complète de f, et en chaque ligne et en chaque colonne, indépendamment l'une de l'autre.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Sur la sommation des séries asymptotiques de première espèce*. Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Joseph Pérès.

On sait que l'on dit asymptotique de première espèce une série divergente dont les termes, alternés, commencent par décroître en valeur absolue pour croître ensuite indéfiniment. On admet qu'en arrêtant la sommation à un certain terme, on connaît la somme avec une approximation donnée en grandeur et en signe par ce terme. Cette règle, établie rigoureusement dans un certain nombre

---

(*) Séance du 5 mai 1952.

de cas, est-elle générale? Voici ce que permet d'affirmer la théorie des *séries définissables*.

A la série divergente alternée de terme général $(-1)^n u_n$, nous avons attaché la fonction y_n définie pour n entier $\geqq 0$, par les sommées successives des u_n, à savoir $\sum_0^n C_n^i u_i$, la somme de la série étant l'extrapolée à $n = -1$ de la suite y_n, calculée par *interpolation idéale*, en appelant ainsi, *si elle existe*, une interpolation qui serait conservée par les transformations effectuées sur les y. En particulier, si u_n croît trop rapidement, on peut, par ralentissement de la fonction attachée, transformer la série trop divergente en une série asymptotique.

Imaginons donc une suite *cohérente* y_n s'étendant jusqu'à $n = \pm\infty$. Il lui correspond, pour $n \geqq 0$, une série $\Sigma(-1)^n u_n$. Ce n'est que sous certaines conditions, difficiles à préciser actuellement, qu'inversement la régularité des u_n supposés donnés *a priori*, qui entraîne celle des y_n pour $n \geqq 0$, l'entraînerait aussi pour $n < 0$. Supposons donc qu'à la série $(-1)^n u_n$ corresponde une suite y_n fonction régulière de n même pour $n < 0$. Exprimons cette régularité en posant que les différences successives δ_n des y_n sont toutes positives et commençons la suite y_n à y_{-1}. Nous écrivons ainsi successivement des inégalités :

$$y_{-1} > 0, \qquad y_0 - y_{-1} > 0, \qquad y_1 - 2y_0 + y_{-1} > 0, \qquad y_2 - 3y_1 + 3y_0 - y_{-1} > 0, \qquad \ldots,$$

qui, si l'on revient des y_n aux u_n, expriment qu'en prenant un nombre croissant de termes de la série $\Sigma(-1)^n u_n$ on *encadre* successivement par défaut et par excès la somme $S = y_{-1}$ de cette série, ce qui est le fait classiquement admis *a priori* et dont la généralité est ainsi ramenée *en toute rigueur* à un problème de *régularité*.

Dans ces conditions, le reste étant remplacé par la moitié du premier terme négligé, l'incertitude est la moitié de ce terme, assez grave si un tel terme n'est pas très petit. C'est l'approximation sur laquelle on peut compter, mais heureusement l'incertitude réelle est ordinairement bien moindre.

Précisons davantage. La régularité est encore plus nette si le graphique des δ_n en fonction de n a sa concavité uniformément tournée vers le haut. On écrit ainsi :

$$y_1 - 4y_0 + y_{-1} > 0, \qquad y_2 - 5y_1 + 8y_0 - 4y_{-1} > 0,$$
$$y_3 - 6y_2 + 13y_1 - 12y_0 + 4y_{-1} > 0, \qquad \ldots,$$

ce qui, en revenant des y_n aux u_n, exprime que, si l'on a formé la somme $u_0 - u_1 + u_2 - \ldots + (-1)^n u_n$ et représenté le reste par

$$(-1)^{n+1}\left[\frac{u_{n+1}}{2} + \frac{u_n - u_{n+2}}{8}\right],$$

on obtient la somme de la série asymptotique avec une erreur *moindre*

que $|u_{n+2} - 2u_{n+1} + u_n|/8$. C'est la règle que nous avions trouvée sans pouvoir la justifier ni indiquer une limite de l'approximation obtenue.

La série $(-1)^n u_n$ étant donnée, on peut former les y_n pour n entier $\geqq 0$ et par suite contrôler leur régularité. Il ne faudrait pas croire, surtout après transformation ralentissante des y, que de la régularité observée jusqu'à $n = 0$ inclusivement on puisse conclure à la régularité jusqu'à $n = -1$, et ceci limite en pratique l'utilisation rigoureuse des règles précédentes. On peut seulement *présumer* que si la régularité est très franche jusqu'à $n = 0$, elle ne sera pas éteinte pour $n = -1$.

D'autre part, si la régularité est très franche dans les premières colonnes du tableau de différentiation successive des y_n et que l'irrégularité n'apparaisse que dans les colonnes de rang élevé, il est plausible d'admettre que la régularité persistera dans les premières colonnes jusqu'à $n = -1$. On justifie ainsi la règle que nous avions indiquée, selon laquelle la sommation d'une série divergente d'allure peu régulière reste possible par nos méthodes et avec une approximation connue, si l'on se tient assez *loin* des termes où se manifeste l'irrégularité.

MÉCANIQUE. — *Sur les systèmes à l'action retardée.*

Note de M. **Nicolas Minorsky**, transmise par M. Henri Beghin.

Dans une des Notes précédentes (1) il a été montré que la théorie des oscillations auto-entretenues que l'on rencontre dans les systèmes dynamiques (mécaniques ou électriques) se ramène aux équations différentielles aux différences (e. d. d., pour abréger), mais que cette théorie doit tenir compte du caractère non linéaire de ces problèmes.

La présente Note, tout en restant dans le cadre de ces idées, permet d'obtenir ces résultats plus facilement grâce à l'emploi de la méthode qu'on peut appeler « stroboscopique » qui a été précisée dans une autre Note (2). Pour illustrer ce procédé, envisageons une e. d. d. de la forme

$$\text{(A)} \qquad \ddot{x} + a\dot{x} + x_h + \varepsilon x_h^3 = 0,$$

où $x(t)$ est la variable dépendante, $x_h = x(t-h)$ est la même variable mais retardée, h étant une constante. Pour pouvoir rester dans le cadre de la théorie non linéaire, nous supposerons que a, h et ε sont des petits paramètres du même ordre. Nous spécifions ainsi que l'oscillateur représenté par (A) est *dans le voisinage* d'un oscillateur harmonique.

En introduisant des nouvelles variables dépendantes $\rho = r^2 = x^2 + \dot{x}^2 = x^2 + y^2$

(1) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 122.

(2) *Ibid.*, 232, 1951, p. 2179.

et $\psi = \operatorname{arctg}(y/x)$ avec des relations qui en résultent $x = r\cos\psi$ et $y = r\sin\psi$, le système (A) devient

$$\text{(B)} \qquad \frac{d\rho}{dt} = 2(xy - ay^2 - x_h y - x_h^3 y), \qquad \frac{d\psi}{dt} = -(y^2 + axy + x_h x + x_h^3 x).$$

Puisque $x_h = x e^{-hz} = x e^{-h\alpha} e^{-ih\omega}$, où $z = \alpha + i\omega$, et, comme on est dans le voisinage de l'oscillateur harmonique, que α est aussi petit, $e^{-h\alpha} \simeq 1$ dans la première approximation. De même, $x = r\cos\psi \simeq x_0 \cos\psi$, parce que pour l'oscillateur harmonique $\rho = r^2 = x_0^2 \cos^2 t + x_0^2 \sin^2 t = x_0^2$. Cela donne dans ce voisinage $x_h = x\cos(\psi - \beta)$ où $\beta = h\omega$. Cela veut dire que, sous les conditions énoncées, l'effet du retard se manifeste dans la phase seulement. En remplaçant x, y et x_h par leurs valeurs et, en introduisant une variable auxiliaire $\mathrm{P}(t) = \log\rho(t)$, le système (B) devient

$$\frac{d\mathrm{P}}{dt} = \left(\beta - a - \frac{3}{4}\varepsilon\rho\beta\right) + \text{termes périodiques},$$

$$\frac{d\psi}{dt} = -1 - \frac{3}{8}\varepsilon\rho + \text{termes périodiques}.$$

On cherche à satisfaire ces équations par des séries de la forme

$$\mathrm{P}(t) = \sum_{\nu=0}^{\infty} \varepsilon^\nu \mathrm{P}_\nu(t), \qquad \psi(t) = \sum_{\nu=0}^{\infty} \varepsilon^\nu \psi_\nu(t).$$

Pour l'approximation de l'ordre zéro on a $\mathrm{P}(t) = \mathrm{P}_0 = \text{const.}$; $\psi_0 = \varphi_0 - t$, φ_0 étant une constante d'intégration et pour la première approximation on a

$$\text{(C)} \qquad \begin{cases} \dfrac{d\mathrm{P}_1}{dt} = \left[\dfrac{\beta - \alpha}{\varepsilon} - \dfrac{3\beta\rho}{4}\right] + \text{termes périodiques}; \\ \dfrac{d\psi_1}{dt} = -\dfrac{3}{8}\rho + \text{termes périodiques}. \end{cases}$$

En appliquant à ce système la méthode stroboscopique, on aboutit aux équations différentielles

$$\text{(D)} \qquad \frac{d\rho}{d\tau} = \rho\left[\frac{\beta - a}{\varepsilon} - \frac{3}{4}\beta\rho\right]; \qquad \frac{d\psi}{d\tau} = -1 - \frac{3}{8}\varepsilon\rho.$$

Remarquons que la variable indépendante τ ici n'est pas la même qu'avant.

L'amplitude stationnaire ρ_0 est donnée par la première équation (D), à savoir $\rho_0 = 4(\beta - a)/3\varepsilon\beta$ et l'équation à la variation correspondante montre que pour un système retardé ($h > 0$, $\beta > 0$) au cas où $\varepsilon > 0$, ρ_0 est stable si $\beta > a$; au cas où $\varepsilon < 0$, ρ_0 est stable si $\beta < a$. On voit ainsi que selon que $\varepsilon > 0$ ou $\varepsilon < 0$, ρ_0 existe pour des fréquences situées d'un côté ou d'un autre de la fréquence $\omega_1 = a/h$. Pour $\omega = \omega_1 = a/h$, on a $\rho_0 = 0$.

La deuxième équation (D) indique que la vitesse angulaire $d\psi/d\tau$ se compose de $d\psi_0/d\tau = -1$ plus une petite correction non linéaire de la fréquence $d\varphi/d\sigma = -(3/8)\varepsilon\rho$ dont le signe est celui de ε.

Les calculs analogues s'appliquent aussi aux systèmes à l'action avancée ($h < 0$, $\beta < 0$). On trouve que pour des pareils systèmes, ρ_0 est instable, ce qui montre que ces systèmes sont plus protégés contre des oscillations de ce genre que les systèmes retardés. Comme en pratique presque tous les systèmes sont retardés plus ou moins et comme les systèmes avancés ne sont réalisés que grâce à des certains dispositifs artificiels, on peut dire que, du point de vue pratique, les oscillations de ce genre sont plutôt la règle et leur absence est l'exception.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur l'intérêt des traceurs radioactifs dans l'étude de l'usure des plastiques stratifiés.* Note (*) de M. **Maurice Ezran**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Objet de cette étude. — L'usure des matières plastiques stratifiées, constituées par des nappes de tissus de coton imprégnées de résines phénoliques, a déjà été étudiée ([1]) en raison des applications croissantes de ces matériaux dans les pièces de roulement ou de glissement, telles que : engrenages, coussinets, etc.

L'objet de ce travail est de montrer que l'appréciation de l'usure en fonction de la perte de masse peut être mieux suivie avec les traceurs radioactifs que par la pesée ou d'après une variation dimensionnelle.

Méthode et résultats de l'étude par variations dimensionnelles. — On a suivi les variations de diamètre d'un galet en stratifié (de 36 mm de diamètre et de 10 mm d'épaisseur) roulant sur un galet métallique dans des conditions destinées à reproduire celles de l'utilisation. A cet effet, le galet en stratifié a pour rayon le rayon de courbure d'une développante de cercle, au point d'usure maximum de cette développante. Il en est de même pour le galet métallique et cet ensemble reproduit les conditions les plus sévères de fonctionnement de deux dents d'engrenage ([2]). Cet ensemble est mis en mouvement dans de l'huile de machine. Comme cette huile est absorbée par le stratifié, il intervient un gonflement, heureusement peu important, mais cette absorption rendrait, d'autre part, difficile l'appréciation de l'usure par la pesée.

Dans des conditions de charge, variant de 3 à 10 kg par millimètre d'épaisseur du galet, et à une température de régime voisine de 30°, l'usure diamétrale, en fonction de la charge et du nombre de tours, est montrée par les courbes de la figure 1.

(*) Séance du 5 mai 1952.

([1]) Opitz et Reese, *Kunstoffe*, 32, n° 9, 1942, p. 263 à 269.

([2]) E. Buckingam, *Trans.*, *A. S. M. E.*, 1944, p. 297 à 310.

Malgré l'imprécision relative de la mesure des variations dimensionnelles, le relèvement de la pente des courbes, à partir d'un certain effort, exercé sur le galet, conduit à la notion d'une « *charge limite d'usure lente* ».

Toutefois, ces courbes, comme la charge limite d'usure lente, pourraient être déterminées, avec plus de précision, à l'aide de la méthode ci-après.

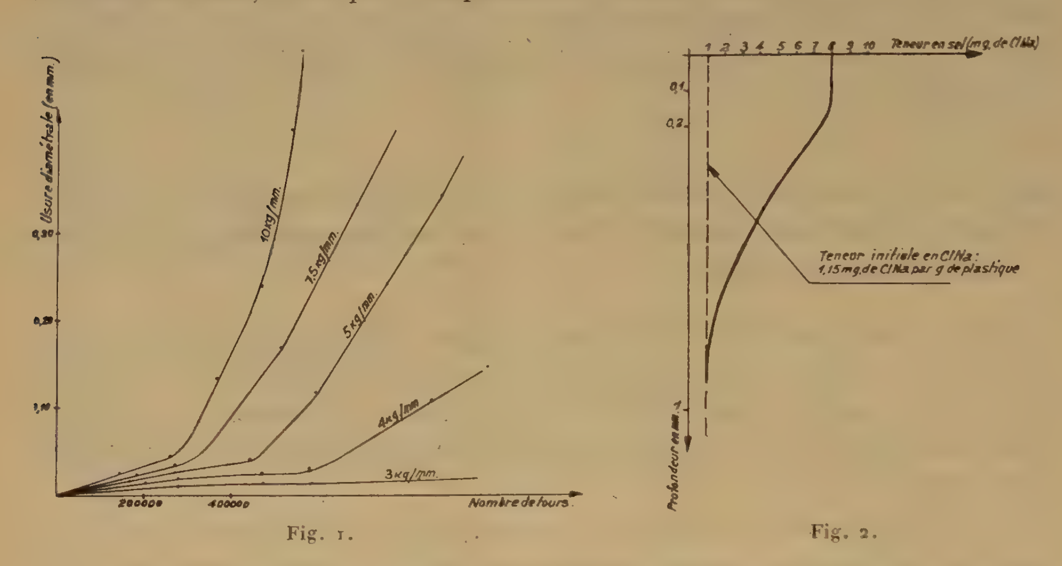


Fig. 1.

Fig. 2.

Méthode et résultats de l'étude par les traceurs radioactifs. — Le principe de la méthode, ici utilisée, a fait l'objet d'une application dans un autre domaine ([3]). Dans ce travail, elle consiste à rendre radioactif le chlorure de sodium présent dans le stratifié, en l'exposant aux neutrons émis par une pile atomique, et à évaluer la perte de masse du stratifié, au cours de l'usure, par le rayonnement émis par l'huile, qui a reçu la poussière provenant de cette usure.

Comme la teneur initiale en chlorure de sodium du stratifié était seulement de 1,15 mg/g de matière, on a augmenté cette teneur par une immersion dans une solution de ce sel et l'on a procédé à une nouvelle activation. Une usure artificielle, d'un galet témoin, à l'aide d'un outil de tour, a fourni une poussière activée qui a permis d'établir la décroissance de la pénétration du sel, mesurée suivant un diamètre (*fig.* 2); cette décroissance est pratiquement insensible suivant l'épaisseur intéressée par l'essai d'usure.

Les courbes obtenues expérimentalement figure 3 montrent l'allure du phénomène d'usure des galets (dans les conditions initialement précisées) pour les premières phases du roulement, qui intéressent surtout la période du rodage. Peut-être faut-il souligner qu'il serait impossible d'obtenir ces courbes par la méthode des variations dimensionnelles. L'application de

---

([3]) PINOTTI et HULL, *Petroleum Engineer*, 1949, p. 5 à 8.

cette méthode nécessite, en effet, au moins deux jours d'expérimentation, alors que la méthode de la radioactivité induite permet l'appréciation de l'usure après quelques minutes de fonctionnement.

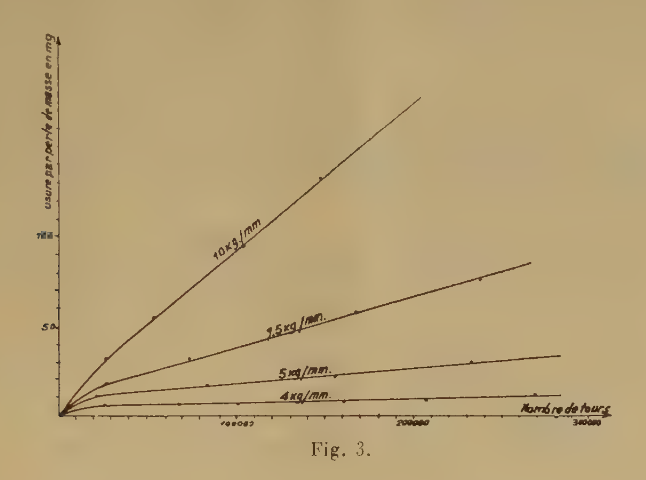


Fig. 3.

Conclusions. — Comme on vient de le voir, la méthode de la radioactivité induite est ici, comme dans d'autres domaines, d'une sensibilité extraordinaire : elle permet de préciser les courbes d'usure et de les déterminer pour des durées de fonctionnement courtes et des efforts peu élevés.

La supériorité de cette méthode conduit à l'utiliser, de préférence à toutes les autres, dans la détermination de la charge limite d'usure lente, définie par les courbes d'usure établies dans cette étude.

HYDRAULIQUE. — *Arrêt progressif du débit des turbines en tête d'un canal de fuite en charge en l'absence de chambre d'équilibre.* Note de MM. **Léopold Escande** et **Jean Nougaro**, transmise par M. Charles Camichel.

Étude analytique et graphique des surpressions engendrées par un arrêt progressif du débit des turbines dans un canal de fuite en charge, démuni de chambre d'équilibre.

Dans une Note précédente [1] nous avons étudié les surpressions produites par un arrêt instantané du débit des turbines. Nous étudions maintenant l'influence de la durée de fermeture. La variation du débit des turbines dépend du régime de surpressions qui s'établit dans la conduite forcée et dans le canal de fuite et le calcul peut être effectué au moyen d'une méthode indiquée par l'un de nous [2] : dans le cas actuel, pour simplifier, nous supposons que le débit des turbines passe linéairement de Q_0 à zéro en τ secondes.

---

[1] *Comptes rendus*, 234, 1952, p 1737.

[2] L. Escande, *Compléments d'hydraulique*, 1re partie, p. 188.

Le calcul analytique s'effectue, dans tous les cas étudiés, comme il a été indiqué à propos des manœuvres instantanées en tenant compte du fait que le volume de la cavité (air ou vapeur d'eau) devient $\Omega_1 - (\tau/2) Q_0$.

Nous limitons notre étude aux valeurs pratiques de τ, qui sont relativement faibles.

Les notations sont celles de la Note précédente et les applications numériques concernent l'exemple examiné dans celle-ci : nous rappelons que la durée d'un aller et retour d'onde, d'un bout à l'autre du canal de fuite, est égale à $\theta = 1,2$ s, dans cet exemple.

A. *Aucun dispositif d'aération.* — La méthode analytique permet de calculer la surpression maximum produite au moment où la cavité se referme

$$\xi_M = \frac{a}{g}\sqrt{W_0^2 - \frac{\tau}{2} Q_0 \frac{2g(y_0 + y_a)}{fL}}.$$

Elle donne, pour $\tau = 6\,\theta = 7,2$ s : $\xi_M = 212$ m.

Par ailleurs, la méthode graphique fournit, en fonction de τ, les valeurs suivantes de ξ_M et du volume maximum Ω_1 de la cavité :

τ(s)............	0	7,2	12,6	18
ξ_M(m)............	315	222	135	10
Ω_1(m³)............	442	199	17	0,4

On observe la diminution rapide de ξ_M quand τ augmente.

B. *Clapet.* — Avec le dispositif de clapet proposé par M. le Président Caquot, la méthode analytique donne, pour la surpression maximum produite, au moment où la poche d'air se referme :

$$\xi_M = \frac{a}{g}\sqrt{W_0^2 - \frac{\tau}{2} Q_0 \frac{2gy_0}{fL}}.$$

Par ailleurs, la méthode graphique fournit également, en fonction de τ, la valeur de ξ_M.

Le tableau suivant permet une comparaison entre les résultats obtenus avec les deux méthodes de calcul :

τ (s)...................	0	6	18	30	36
ξ_M calculé (m)..........	9,18	9,30	9,05	9,15	9,10
ξ_M graphique (m)........	9,90	9,20	9,20	9,20	8,80

La surpression est pratiquement constante quand varie la durée de fermeture. C'est seulement pour des durées d'arrêt du débit supérieures à 30 secondes qu'une nette décroissance se manifeste.

C. *Puits d'aération.* — En ne tenant pas compte des phénomènes transitoires accompagnant le remplissage du puits par l'eau qui reflue de l'aval, on trouve l'expression suivante de la surpression maximum, par la méthode analytique

$$\xi_M = \frac{f^2}{2gm^2s^2}\left[W_0^2 - \frac{\tau}{2} Q_0 \frac{2gy_0}{fL}\right].$$

Le volume déversé par le puits peut être déterminé par la relation

$$\Omega = \frac{L m^2 S^2}{f} \operatorname{Log}\left[1 + \frac{f^2}{2ghm^2S^2}\sqrt{W_0^2 - \frac{\tau}{2} Q_0 \frac{2g \cdot y_0}{fL}}\right].$$

Dans le cas d'un puits $mS = 6$ m², $h = 5$ m, avec $\tau = 20{,}6$, $\theta = 24{,}7$ s, le volume calculé est égal à 377 m³, contre 362 m³ déduit de la construction graphique.

Pour ce même puits, le tableau suivant fournit les résultats déduits du calcul analytique d'une part, et de la construction graphique, d'autre part :

τ (s)	0	6,84	12,8	18,2	23,2	24,7	31,9
ξ_M calculé (m)	11,95	10,7	9,6	8,6	7,7	7,4	6,0
ξ_M graphique (m)	11,4	10,7	9,6	8,6	7,7	7,4	6,0

Avec $mS = 2$ m² et $h = 5$ m, le tableau des surpressions devient le suivant :

τ (s)	0	6,84	12,20	18,50	23,30	31,90
ξ_M calculé (m)	67,60	56,10	46,00	37,20	26,60	14,80
ξ_M graphique (m)	49,00	44,40	38,50	31,00	23,40	14,50

La concordance entre les résultats donnés par le calcul d'une part, et par la construction graphique, d'autre part, n'est en défaut que pour les faibles valeurs de mS et de τ.

Conclusions. — L'augmentation de la durée de fermeture, sans influence appréciable dans le cas du clapet, provoque pour la surpression maximum, une réduction notable dans le cas du puits et extrêmement importante dans celui de la cavitation.

ASTROPHYSIQUE. — *L'atome d'hydrogène lourd et le spectre du Soleil.* Note de M. **Junior Gauzit**, présentée par M. André Danjon.

1. On admet généralement que les raies du deutérium ne sont pas observables dans le spectre solaire. Leur présence y a été cherchée dès 1932, à une époque où leurs longueurs d'onde n'étaient pas encore connues avec précision, par D. H. Menzel [1], qui a conclu non par la négative, mais par le doute; il a relevé, en effet, qu'une faible raie d'absorption coïncide très sensiblement avec la raie Dβ. A ma connaissance, cet examen n'a pas été repris. Il m'a paru intéressant d'étudier à nouveau ce problème, car les idées actuelles sur la composition du Soleil [2] conduisent à penser que, si la proportion du deutérium par rapport à l'hydrogène ordinaire a, dans l'atmosphère solaire, une valeur voisine de celle existant sur la Terre,

---

[1] *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 44, 1932, p. 41.

[2] *Voir*, par exemple, L. Goldberg et L. H. Aller, *Atoms, stars and nebulae* (*The Harvard Books on Astronomy*).

ses atomes y sont sensiblement aussi nombreux que n'importe quels autres, l'hydrogène et l'hélium exceptés. Leurs raies d'absorption pourraient donc être décelables, malgré le potentiel d'excitation relativement élevé qu'elles font intervenir.

J'ai adopté pour le spectre du deutérium les longueurs d'onde données par Miss Moore dans la *Revised Multiplets Table* (³).

2. Si l'on examine la série de Balmer, on ne trouve pas, dans la Table de Rowland révisée, la longueur d'onde 6 561,032 Å de la raie Dα. Mais, sur le bord de la raie λ 6 561,105 Å, signalée par cette Table, d'intensité — 2 et attribuée à la vapeur d'eau atmosphérique, l'Atlas Photométrique d'Utrecht montre, vers les courtes longueurs d'onde, une faible dépression, qui peut correspondre à la radiation cherchée. Une comparaison précise du spectre du disque solaire en son centre et sur ses bords permettrait sans doute de reconnaître avec certitude si la raie Dα existe. En ce qui concerne la deuxième raie de Balmer, on est tenté, comme l'avait noté Menzel, d'attribuer au deutérium la raie λ 4 860,024 Å de la Table de Rowland, dont l'intensité est évaluée — 3 et dont l'origine est inconnue. Pour la raie Dγ, il y a « blend » avec la raie λ 4 339,258 Å attribuée à FeI.

3. Puisque l'identification dans le spectre solaire du deutérium par ses raies de Balmer reste douteuse, il semble peu probable *a priori* que l'on trouve ses raies de Paschen, dont le potentiel d'excitation est plus grand. Mais cette augmentation peut être compensée par une différence, tout à fait vraisemblable, de 500° environ, de la température d'excitation. C. de Jager et L. Neven (⁴) ont d'ailleurs montré que pour les raies de l'hydrogène du spectre solaire la largeur équivalente dans la série de Paschen est comparable ou même supérieure à celle de la série de Balmer, quand on considère les raies correspondant au même niveau final.

La région de la première raie de Paschen est masquée par une bande intense de la vapeur d'eau. Il est remarquable que pour la deuxième raie on trouve, dans la Table publiée par H. D. Babcock et C. E. Moore (⁵), une radiation de longueur d'onde 12 814,64 Å, d'intensité — 2, qui coïncide très sensiblement avec la position prévue. La même Table montre que la troisième raie de Paschen du deutérium est cachée par une raie d'origine tellurique, d'intensité 6, et de longueur d'onde 10 935,16 Å.

4. J'ai tenté de mesurer la largeur équivalente des raies λ 4 860,024 Å et λ 12 814,64 Å, en me servant pour la première de l'Atlas photométrique d'Utrecht et pour la deuxième de l'Atlas photométrique du spectre

---

(³) *Contributions from the Princeton University Observatory*, n° 20, 1945.

(⁴) *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen* (*Proceedings*, 53, n° 10, 1950).

(⁵) *The Carnegie Institution of Washington*, 579, 1947.

solaire dans le proche infrarouge, publié par l'Observatoire Mc Math-Hulbert. La première mesure est très malaisée, car la raie en question est comprise entre deux raies voisines beaucoup plus intenses; une estimation approximative donne une largeur équivalente de 1,5 millième d'angström. Pour la raie infrarouge, la mesure qui n'est pas non plus précise, conduit à une largeur équivalente de 10 millièmes d'angström environ. En admettant les identifications proposées, on déduit de ces largeurs les nombres d'atomes de deutérium présents au-dessus de la photosphère sur les niveaux $n = 2$ et 3, à savoir 6.10^{10} et 5.10^{10} cm^{-2}. Il serait illusoire d'évaluer, à partir de ces nombres, la température d'excitation. En adoptant arbitrairement une valeur de 5 500°K, on calcule le nombre d'atomes de deutérium au niveau normal; on a deux évaluations, qui donnent respectivement 2.10^{19} et 5.10^{19} cm^{-2}. Malgré la grande incertitude de ces nombres, il ne paraît pas vraisemblable que l'abondance relative de l'hydrogène lourd par rapport à l'hydrogène ordinaire puisse être supérieure dans l'atmosphère solaire à celle rencontrée sur la Terre.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le principe de la constance de la vitesse de la lumière.* Note (*) de M. **Joseph Sivadjian**, présentée par M. Louis de Broglie.

M. K. D. Stiegler a publié sous ce titre une Note ([1]), dans laquelle il déclare qu'on peut fonder la théorie de la relativité restreinte sans supposer le principe de la constance de la vitesse de la lumière, c'est-à-dire le premier postulat d'Einstein, en admettant comme axiomes de départ que l'espace est homogène et isotrope et que dans tous les systèmes de référence galiléens, les lois physiques sont les mêmes, ce qui est à son tour le second postulat de la théorie de la relativité.

On peut prouver ainsi, dit-il en conclusion, que le prétendu principe de la constance de la vitesse de la lumière n'est pas un axiome indépendant du principe de la relativité, comme l'on a pensé jusqu'à présent, mais qu'au contraire, ce principe est une conséquence nécessaire des systèmes d'axiomes ci-dessus énoncés.

Dans son premier Mémoire de 1905, Einstein cherchant à trouver une définition de la simultanéité et du synchronisme des horloges au repos, a été amené à admettre que la vitesse de la lumière dans l'espace vide est une constante universelle. Le principe ou le postulat de la constance

(*) Séance du 5 mai 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1250.

de la vitesse de la lumière n'était donc, en réalité, au départ pour Einstein qu'une conclusion tirée « de certaines expériences physiques (hypothétiques) » ([2]), dont le prototype est l'expérience de Michelson. Mais, plus tard, plusieurs auteurs et, entre autres, M. M. Esclangon et E. Le Roy [pour les références bibliographiques, *voir* ([4])] ayant jugé peu satisfaisante l'évidence expérimentale du dit principe, ont montré qu'il était parfaitement possible d'établir les formules de la relativité, en renonçant à faire intervenir la vitesse de la lumière et en partant de l'unique principe de la relativité, d'après lequel dans tous les systèmes de référence galiléens, les lois physiques sont les mêmes.

M. Stiegler, qui suit la même voie, constate, en outre, que l'adoption des axiomes cités plus haut permet de retrouver le principe de la constance de la vitesse de la lumière comme une simple conséquence de ces mêmes axiomes.

Dans notre étude sur la constance de la vitesse de la lumière et ses vérifications expérimentales [premier postulat de la relativité ([3])], après avoir examiné les raisons données par les auteurs, relatives à l'insuffisance des preuves expérimentales de ce premier postulat, nous avons montré, en particulier, que les observations astronomiques de de Sitter sur les étoiles doubles, considérées comme la preuve astronomique de la constance de la vitesse de la lumière, n'étaient en réalité que la confirmation du postulat de Fresnel relatif à l'indépendance de la vitesse de la lumière de celle de sa source.

Ensuite, dans notre rapport au 73e Congrès des Sociétés savantes de 1947, sur le second postulat de la relativité, nous sommes arrivé à des conclusions identiques à celles de M. Stiegler en montrant, le premier, que la théorie de la relativité était basée sur un seul principe, dit de la relativité, qui ne pouvait être maintenu qu'en adoptant l'hypothèse de l'invariance de la vitesse de la lumière pour tous les observateurs galiléens; que le principe de la constance de la vitesse de la lumière dans le vide était donc la conséquence nécessaire du principe de la relativité tel qu'il était défini par Einstein et que sa théorie avait pour bases, en définitif, deux postulats, dont l'un appelait irrésistiblement l'autre ([4]).

([2]) A. Einstein, *Les fondements de la théorie de la relativité générale*, trad. M. Solovine, Paris, 1933, p. 8.

([3]) J. Sivadjian, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 523; *Arch. Sci. phys. nat.* (Genève), (5), 29, 1947, p. 356.

([4]) J. Sivadjian, *Sophia*, 19, 1951, p. 323.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la représentation des systèmes d'équations d'ondes irréductibles de la théorie des corpuscules de spin quelconque. Application au calcul des sections efficaces de diffusion.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le formalisme matriciel des représentations irréductibles des équations d'ondes des corpuscules de spin $n\hbar/2$ est obtenu par l'introduction d'un projecteur convenable à partir du formalisme réductible de la méthode de fusion. Application au calcul des sections efficaces de diffusion.

Nous avons développé dans des publications antérieures [1] une théorie générale des corpuscules de spin quelconque dans laquelle, par une généralisation de la méthode introduite par M. Louis de Broglie pour obtenir les équations d'ondes du photon, nous avons représenté le corpuscule de spin total maximum $n\hbar/2$ par un ensemble de 4^n fonctions d'ondes $\psi_{i_1,i_2,\ldots,i_n}$, caractérisées chacune par n indices $i_1, i_2, \ldots, i_n$ variant respectivement de 1 à 4, ces fonctions étant solutions du système

$$(1)\qquad [p_\mu \Gamma^\mu + i m_0 c]\psi_{i_1,i_2,\ldots,i_n} = 0,$$

$$(\Gamma^\mu)_{i_1,\ldots,i_n;m_1,\ldots,m_n} = \frac{1}{n} \sum_{r=1,\ldots,n} \delta_{i_1 m_1}\ldots(\gamma^\mu)_{i_r m_r}\ldots\delta_{i_n m_n}.$$

Ce système considéré depuis par de nombreux auteurs n'est pas réductible et contient des représentations irréductibles correspondant à divers états de spin et de masse propre dont les valeurs sont bien déterminées.

J'ai déjà montré [1] que l'on réduit le système [1] à la représentation irréductible de spin maximum en ne considérant parmi les fonctions $\psi_{i_1,\ldots,i_n}$ que les fonctions symétriques par rapport à tous les indices $i_n, \ldots, i_n$, soient $\psi_{(i_1,\ldots,i_n)}$. Le système (1) se ramène alors aux équations proposées par M. Fierz [2].

La fonction symétrique $\psi_{(i_1,\ldots,i_n)}$ peut être déduite de la fonction d'onde générale $\psi_{i_1,\ldots,i_n}$ au moyen d'un projecteur $\eta^{(n)}$ tel que

$$\psi_{(i_1,\ldots,i_n)} = [\eta^{(n)}]_{i_1,\ldots,i_n;l_1,\ldots,l_n}\psi_{l_1,\ldots,l_n},$$

$$[\eta^{(n)}]_{i_1,\ldots,i_n;l_1,\ldots,l_n} = \frac{1}{n!}\sum P(l_1, \ldots, l_n)\,\delta_{i_1 l_1}\,\delta_{i_2 l_2}, \ldots, \delta_{i_n l_n},$$

la somme étant étendue à l'ensemble des permutations des indices $l_1, l_2, \ldots, l_n$.

On a ainsi

$$2\eta^{(2)}_{i_1,i_2;l_1,l_2} = \delta_{i_1 l_1}\,\delta_{i_2 l_2} + \delta_{i_1 l_2}\,\delta_{i_2 l_1},$$

$$3!\,\eta^{(3)}_{i_1,i_2,i_3;l_1,l_2,l_3} = (\delta_{i_1 l_1}\,\delta_{i_2 l_2} + \delta_{i_1 l_2}\,\delta_{i_2 l_1})\,\delta_{i_3 l_3} + (\delta_{i_1 l_1}\,\delta_{i_2 l_3} + \delta_{i_1 l_3}\,\delta_{i_3 l_1})\,\delta_{i_3 l_2} + (\delta_{i_1 l_2}\,\delta_{i_2 l_3} + \delta_{i_1 l_3}\,\delta_{i_2 l_2})\,\delta_{i_3 l_1}$$

---

(1) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 610; **215**, 1942, p. 77; **216**, 1943, p. 438; *J. Phys.*, 7, 1946, p. 124.

(2) *Helv. Phys. Acta*, 12, 1939, p. 1.

ou encore

$$3\,\eta^{(3)}_{i_1,i_2,i_3;l_1l_2l_3} = \eta^{(2)}_{i_1,i_2;l_1,l_2}\,\delta_{i_3l_3} + \eta^{(2)}_{i_1,i_2;l_1l_3}\,\delta_{i_3l_2} + \eta^{(2)}_{i_1,i_2;l_2l_3}\,\delta_{i_3l_1},$$

$$\eta^{(n)}_{i_1,i_2,\ldots,i_n;l_1,\ldots,l_n} = \frac{1}{n}\sum_{p=1,\ldots,n} \eta^{(n-1)}_{i_1,\ldots,i_{n-1};l_1,\ldots,l_{p-1},l_p,\ldots,l_n}\,\delta_{i_nl_p}$$

$$= \frac{1}{n}\sum_{p=1,\ldots,n} \eta^{(n-1)}_{i_1,\ldots,i_{p-1},i_p,\ldots,i_n;l_1,\ldots,l_{n-1}}\,\delta_{i_pl_n} = \frac{1}{n}\sum_{p=1,\ldots,n} \eta^{(n-1)}_{i_1,\ldots,i_{q-1},i_q,\ldots,i_n;l_1,\ldots,l_{p-1},l_p,\ldots,l_n}\,\delta_{i_ql_p}.$$

On démontre par récurrence que $[\eta^{(n)}]^2 = \eta^{(n)}$. L'équation d'ondes irréductibles des corpuscules de spin $n\hbar/2$ s'écrit

$$[p_\mu\beta^\mu + im_0c\,\eta^{(n)}]_{i_1,\ldots,i_n;l_1,\ldots,l_n}\psi_{l_1,\ldots,l_n} = 0,$$

avec $\beta^\mu = \Gamma^\mu\eta^{(n)}$ et la trace de $\eta^{(n)}$ (dont les valeurs propres sont 0 et 1) donne le rang N de la représentation. On trouve par récurrence

$$N = \text{Tr.}\,[\eta^{(n)}] = \frac{(n+1)(n+2)(n+3)}{6},$$

ce qui donne pour $n=2$, $N=10$, pour $n=3$, $N=20$, pour $n=4$, $N=35$, ...

Les matrices Γ^μ définissent un système général de matrices symétriques construit sur n systèmes indépendants de 16 matrices de Dirac, γ^{a_1}, γ^{a_n}, soit

$$[\Gamma^{(n)}_{a_1,a_2,\ldots,a_n}]_{i_1,i_2,\ldots,i_n;m_1,\ldots,m_n} = \frac{1}{n!}\sum P(a_1, a_2, \ldots, a_n)[(\gamma^{a_1})_{i_1m_1}(\gamma^{a_2})_{i_2m_2}, \ldots, \gamma^{(a_n)}_{i_nm_n}]$$

$$= \frac{1}{n}\sum_{p=1,\ldots,n} [\Gamma^{(n-1)}_{a_1,\ldots,a_{p-1},a_{p+1},\ldots,a_n}]_{i_1,\ldots,i_{n-1};m_1,\ldots,m_{n-1}}(\gamma^{a_p})_{i_nm_n}$$

$$= \frac{1}{n}\sum_{p=1,\ldots,n} [\Gamma^{(n-1)}_{a_1,\ldots,a_{p-1},a_{p+1},\ldots,a_n}]_{i_1,\ldots,i_{q-1},i_{q+1},\ldots,i_n;m_1,\ldots,m_{q-1},m_{q+1},\ldots,m_n}(\gamma^{a_p})_{i_qm_q}.$$

On montre que $\Gamma^{(n)}_{a_1,a_2,\ldots,a_n}$ commute avec $\eta^{(n)}$ et l'on définit la matrice irréductible correspondante par $\beta^{(n)}_{a_1,a_2,\ldots,a_n} = \Gamma^{(n)}_{a_1,a_2,\ldots,a_n}\eta^{(n)}$.

Le calcul des sections efficaces des processus d'interaction entre particules conduit à l'évaluation des traces de matrices de la forme $\beta^{(n)}_{a_1,\ldots,a_n}$.

On démontre la relation de récurrence.

$$\text{Tr.}(\beta^{(n)}_{a_1,\ldots,a_n}) = \frac{1}{n^2}\sum_{p=1,\ldots,n} (\text{Tr.}\,\beta^{(n-1)}_{a_1,\ldots,a_{p-1},a_p,\ldots,a_n})(\text{Tr.}\,\gamma^{a_p})$$

$$+ \frac{2}{n^2}\sum_{r,p,r<n} (\text{Tr.}\,\beta^{(n-1)}_{a_1,\ldots,(a_ra_p),\ldots,a_{p-1},a_{p+1},\ldots,a_n})$$

qui donne en particulier

$$2\,(\text{Tr.}\,\beta^{(2)}_{a_1,a_2}) = (\text{Tr.}\,\gamma^{a_1})(\text{Tr.}\,\gamma^{a_2}) + (\text{Tr.}\,\gamma^{a_1}\gamma^{a_2}),$$

$$3!\,(\text{Tr.}\,\beta^{(3)}_{a_1,a_2,a_3}) = (\text{Tr.}\,\gamma^{a_1})(\text{Tr.}\,\gamma^{a_2})(\text{Tr.}\,\gamma^{a_3}) + (\text{Tr.}\,\gamma^{a_1}\gamma^{a_2})(\text{Tr.}\,\gamma^{a_3}) + (\text{Tr.}\,\gamma^{a_3}\gamma^{a_1})(\text{Tr.}\,\gamma^{a_2})$$
$$+ (\text{Tr.}\,\gamma^{a_2}\gamma^{a_3})(\text{Tr.}\,\gamma^{a_1}) + 2(\text{Tr.}\,\gamma^{a_1}\gamma^{a_2}\gamma^{a_3}).$$

Ces formules permettent sans difficultés l'évaluation des sections efficaces de diffusion entre corpuscules de spins $n\hbar/2$ et $m\hbar/2$. Par exemple, dans le cas du choc entre deux corpuscules A et B restant discernables dans l'interaction et liés par un champ mésique scalaire ou pseudoscalaire, on a avec les notations de nos Notes précédentes [3] $H'^{1} = g_A g_B (u^*_{A_0} \omega^A u_{A_1} u^*_{B_0} \omega^B u_{B_1}) / (2 q_{A_0 A_1} - \mu_0^2)$, ω^A désignant les matrices des systèmes des corpuscules A et B correspondant à des invariants $(\beta^{(n)}_{\alpha_1, \ldots, \alpha_n}, \beta^{(n)}_{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_n}, \beta^{(n)}_{\alpha_1, \ldots, \alpha_{2p}, \alpha_{2p+1}, \ldots, \alpha_n})$ ou a des pseudo-invariants $(\beta^{(n)}_{\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n}, \beta^{(n)}_{\alpha_1, \ldots, \alpha_{2p-1}, \alpha_{2p}, \ldots, \alpha_n})$.

La section efficace de diffusion se déduit de

$$\overline{|H'^{(1)}|^2} = \frac{g_A^2 g_B^2 S_{A_0 A_1} S_{B_0 B_1}}{(2 q_{A_0 A_1} - \mu_0^2)^2}, \quad \text{avec} \quad S_{A_0 A_1} = \mathrm{Tr.}(\Pi_{A_0} \omega^A \Pi_{A_1} \omega^A),$$

Π_{A_0}, Π_{A_1} désignant des projecteurs sur les états à énergie positive.

Dans le cas du spin $3\hbar/2$, les matrices invariantes ω^A sont $\beta^{(3)}_{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3}$ et $\beta^{(3)}_{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3}$, les matrices pseudo-invariantes $\beta^{(3)}_{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3}$ et $\beta^{(3)}_{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3}$ auxquelles correspondent $S^{(1)}_{A_0 A_1}, S^{(2)}_{A_0 A_1}, S^{(3)}_{A_0 A_1}, S^{(4)}_{A_0 A_1}$. On obtient alors

$$(4 K_{A_0} K_{A_1})^3 S^{(1)}_{A_0 A_1} = -32 (\bar{q}_{A_0 A_1})^3 \qquad (4 K_{A_0} K_{A_1})^3 S^{(4)}_{A_0 A_1} = -32 (q_{A_0 A_1})^3,$$

$$(4 K_{A_0} K_{A_1})^3 S^{(2)}_{A_0 A_1} = -32 \times \frac{5}{9} (\bar{q}_{A_0 A_1})^2 q_{A_0 A_1}; \qquad (4 K_{A_0} K_{A_1})^3 S^{(3)}_{A_0 A_1} = -32 \times \frac{5}{9} (q_{A_0 A_1})^2 \bar{q}_{A_0 A_1}.$$

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'étincelles sous très haute tension dans l'air et températures de couleur.* Note de Mme **Arlette Vassy**, MM. **Harald Nörinder** et **Étienne Vassy**, présentée par M. Eugène Darmois.

Nous avons étudié à l'Institut des Hautes Tensions d'Upsala les spectres produits par la décharge électrique dans l'air à la pression atmosphérique entre électrodes dont les distances variaient de 17 cm à 1,55 m, correspondant à un potentiel disruptif de 500 000 à 1 million de volts.

Le générateur à haute tension déjà décrit [1] peut donner une tension maximum de 2 300 kV. L'étincelle était produite entre une sphère de cuivre et une pointe de cuivre de distances variables.

La lumière produite par la décharge était photographiée avec un spectrographe à prisme-objectif en quartz, placé à une distance de 15,85 m; l'intensité était suffisante pour qu'une seule décharge donne un spectre de noircissement correct et photométrable pour l'ultraviolet comme pour le visible; quelques spectres infrarouges ont été pris jusqu'à 9 600 Å. Notons que l'emploi du prisme-objectif ne permet pas de superposer deux étincelles successives.

---

(3) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1601 et 1749.

(1) H. Nörinder, *Institutet för högspänningsforskning vid, Upsala Universitet*, Upsala, 1939.

L'étalonnage de la plaque en vue de la mesure des intensités était fait soit avec un tube luminescent pour le visible, soit avec un tube à hydrogène pour l'ultraviolet, placés à la même distance du spectrographe que l'étincelle.

Le spectrographe à prisme-objectif, décrit précédemment [2], n'était pas utilisé en montage astigmatique, mais stigmatique; sa dispersion est 175 Å /mm pour le rouge (6 200 Å) et 11 Å/mm pour l'ultraviolet (2 500 Å).

Nous avons utilisé principalement les distances explosives suivantes : 17, 30, 50, 71 et 155 cm. La mesure de la tension de décharge a été faite par comparaison avec la distance explosive de deux sphères de 1,50 m de diamètre. Ces tensions sont approximativement : sphère positive, 17 cm, 400 kV; 30 cm, 545 kV; 50 cm, 707 kV; 71 cm, 865 kV; sphère négative, 155 cm, 957 kV.

Le spectre obtenu se compose d'un nombre important de raies et bandes et d'un spectre continu dus à l'étincelle. Nous en avons fait l'étude sur des spectres correspondant aux plus grandes distances explosives utilisées : 1,55 m. En effet, ce sont les plus grandes distances qui donnent les canaux les plus fins. Nous avons relevé 156 raies et bandes dont les attributions ont été faites et dont la liste sera donnée dans une autre publication.

On y remarque la présence de quelques raies de O III, O IV, N III et N IV, ainsi que celles, un peu plus nombreuses, d'atomes neutres; mais la majorité des raies est due aux atomes d'azote et d'oxygène une fois ionisés. En outre nous avons trouvé H_α, H_β et peut-être H_γ. Une raie faible à 8 521 Å a été attribuée à l'argon.

Les bandes sont toutes *très faibles*, exceptées les bandes 2 883 et 2 896 dues à CO_2; on sait que ces bandes s'observent très aisément toutes les fois que l'excitation est énergique et que le CO_2 est présent, même comme impureté.

Les bandes relevées sont dues à O_2^+ (dit 2e système négatif de l'oxygène), à N_2 (2e système positif de l'azote et 1er système positif dans l'infrarouge) et à N_2^+, système bien développé. On a relevé aussi, outre la bande due à CO_2, une bande due à OH (3 063, 3 067, 3 078, 3 089 Å). Nous avons pensé pouvoir attribuer à NO (système β) une bande située à 3 055 Å.

Enfin, l'étude quantitative nous a montré l'existence de NO_2 par son absorption. Bien que les données quantitatives sur les coefficients soient rares, nous avons retenu celles données par Dixon [3] et obtenu ainsi une épaisseur réduite de NO_2 de 0,4 mm, tout à fait raisonnable.

Nous avons recherché spécialement la présence d'ozone par son absorp-

---

[2] D. Chalonge et E. Vassy, *Rev. Opt.*, 13, 1934, p. 113.

[3] *J. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 157.

tion ultraviolette. Un spectre après 15 étincelles a montré la présence d'une faible absorption ultraviolette à 2 500 Å, correspondant à une formation d'ozone sous une épaisseur réduite de 2 μ.

Nous avons fait l'étude du spectre continu. La répartition spectrale énergétique est déterminée par comparaison avec les sources utilisées; elle est connue à un facteur constant près, qui n'est pas le même pour l'ultraviolet et le visible; mais la région commune s'étendant de 3 800 à 4 200 Å a permis dans tous les cas de raccorder les deux parties sans ambiguité.

Les courbes, sans être exactement parallèles, ont même allure. Une région régulièrement descendante de 2 500 à 3 700 Å; un renforcement de l'émission avec maximum à 4 050 Å; un profond minimum à 4 600 Å; une remontée à 4 900-5 000 Å, un deuxième minimum et une deuxième remontée.

Le renforcement autour de 4 000 Å s'explique immédiatement par le grand nombre de raies et bandes; comme il était à prévoir, le tracé de l'enveloppe est approximatif, car on n'atteint pas le fond; le minimum à 4 600 Å est la bande d'absorption de NO_2; le deuxième minimum pourrait être dû à NO_3, mais les données de laboratoire sur NO_3 sont insuffisantes pour conclure avec certitude.

Ceci étant établi, nous avons cherché la température de couleur correspondant à nos courbes. Pour 155 cm, on voit que la courbe 16 000° K représente correctement cette émission; dans la région 2 600-3 700 Å, elle suit exactement la courbe de la répartition spectrale, et vient la rejoindre vers 4 900 Å entre les deux bandes d'absorption. C'est donc sur un intervalle spectral de 2 300 Å que porte l'accord entre les courbes théorique et expérimentale, ce qui rend raisonnable l'attribution du fond continu à un spectre d'émission thermique. Nous avons retrouvé la même valeur 16 000° K pour 155, 17 et 30 cm. La courbe pour 71 cm donne 15 000° K. Enfin la distance 50 cm correspond à 21 000° K.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les spectres infrarouges des aminoacides en solution dans l'eau lourde.* Note (*) de M. **Henri Lenormant**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Contrairement à l'eau ordinaire, l'eau lourde présente entre 4 et 8 μ une zone de bonne transparente aux rayons infrarouges qui permet d'obtenir d'excellents spectres en solution avec les substances qui donnent des bandes dans cette région.

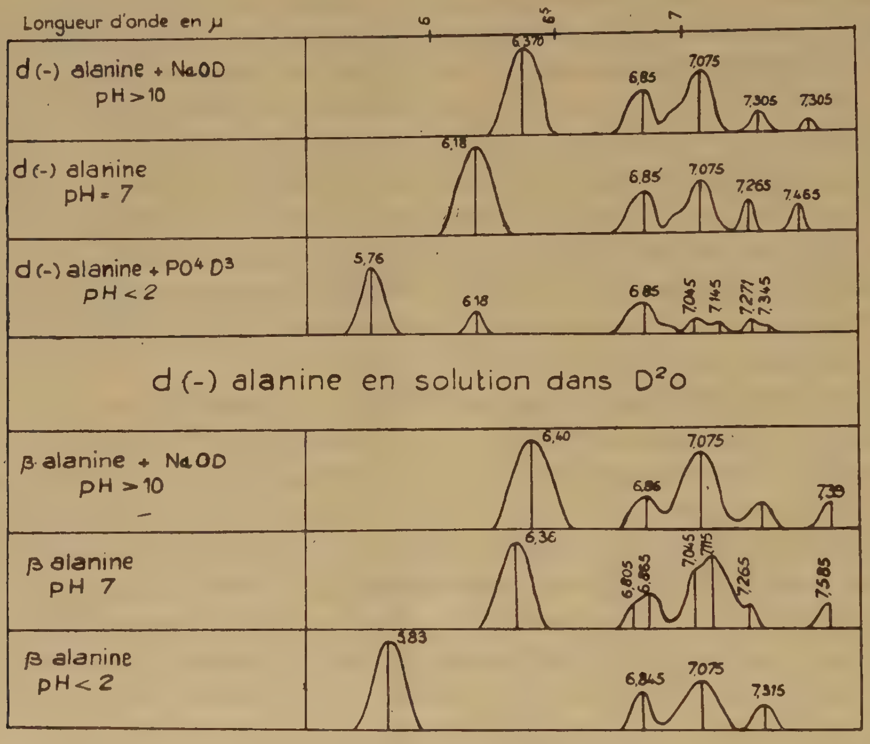
Gore, Barnes et Petersen ([1]) ont publié quelques courbes d'aminoacides

(*) Séance du 28 avril 1952.

([1]) *Analit. Chemist.*, **21**, 1949, p. 382.

réalisées dans ces conditions, mais sans en donner une étude systématique. Nous avons pensé qu'il était intéressant de reprendre et de développer leur travail, en raison de l'importance biologique de ces substances et la possibilité que l'on a, par cette méthode, d'étudier leur structure dans l'état physiologique.

Les α-aminoacides (glycine, sarcosine, alanine, proline) ont, dans l'eau lourde des courbes d'absorption remarquables par leur relative simplicité et leur similitude très grande entre 5 et 8 μ (*fig.* 1).



Ceci les oppose à celles que l'on obtient à l'état sec et qui sont fort complexes et variées.

Au point isoélectrique, on trouve seulement deux fortes bandes vers 6,18 μ (T. F.) et vers 7,06 μ (T. F.) et deux bandes d'intensité très modérée, l'une vers 6,86 μ (M), l'autre entre 7,30 et 7,60 μ (*m*).

En milieu acide les bandes 6,18-7,09 μ et 7,30-7,60 μ (*m*) s'effacent, tandis que se développe un nouveau maximum d'absorption vers 5,76 μ. Il convient donc de penser qu'elles sont toutes trois liées plus ou moins directement à l'ionisation de la fonction carboxyle. L'une d'elles, la bande 6,18 μ peut être

identifiée avec quasi certitude à la vibration anti-symétrique de valence du groupement $\left[-C\begin{smallmatrix}O\\O\end{smallmatrix}\right]^-$

En milieu alcalin les deux bandes 7,09 et 7,30 μ se renforcent, surtout celle de plus grande longueur d'onde, mais la bande 6,18 μ se déplace à 6,35 μ. Il apparaît donc que la structure du carboxyle ionisé est un peu différente dans l'anion et dans l'ion double.

Si l'on prend comme référence la position que cette bande occupe dans les sels que donnent les acides gras saturés avec les métaux et les amines (6,40 μ), on doit admettre que c'est l'ion amphotère qui est perturbé.

La perturbation est certainement liée au voisinage des deux charges de signes opposés COO^- et NH_3^+, qui ne sont séparées que par un CH_2. En milieu alcalin la fonction amine étant déchargée, la perturbation disparaît. Ceci est confirmé par le fait que dans la β-alanine, où les deux charges sont plus distantes, la bande du carboxyle ionisé de l'ion double est peu déplacée (6,34 μ).

Il n'est pas possible actuellement de préciser en quoi consistent les particularités structurales que supposent les caractéristiques spectrales du zwitterion, mais du point de vue biologique il est probable qu'elles ne sont pas sans influencer les phénomènes métaboliques auxquels participent les aminoacides.

EFFET RAMAN. — *Anomalies dans le spectre de diffusion des cristaux piézoélectriques. II. Étude du quartz.* Note de M. **Jean-Paul Mathieu** et Mme **Lucienne Couture-Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les variations de fréquence et d'intensité que présentent certaines raies Raman du quartz s'expliquent par la séparation des ondes élastiques longitudinales et transversales.

Dans une Note précédente [1], nous avons montré théoriquement et expérimentalement que les vibrations fondamentales qui produisent un moment électrique de dipôle dans les cristaux cubiques piézoélectriques, donnent des ondes élastiques transversales et longitudinales de fréquences distinctes, que l'on peut mettre en évidence par l'étude de l'effet Raman.

Nous nous proposons d'étudier ici les phénomènes analogues présentés par le quartz. Dans l'étude de l'effet Raman transversal, le vecteur d'onde $\vec{k}$ qui définit la propagation des ondes élastiques responsables de la diffusion de la lumière est à 45° de la direction d'éclairement Ox et à 135° de la direction

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1761.

d'observation Oy. L'orientation de $\vec{k}$ dans le cristal est définie par l'angle θ qu'il fait avec l'axe principal OZ et par l'angle α que fait avec OX (axe binaire ou axe piézoélectrique) la projection de $\vec{k}$ sur le plan XOY normal à l'axe principal.

Dans le groupe D_3 du quartz, les vibrations doublement dégénérées de type E sont les seules actives en effet Raman qui possèdent un moment dipolaire. Désignons par $\vec{q}_1$ et $\vec{q}_2$ les vecteurs orthogonaux entre eux et situés dans le plan XOY, qui représentent les coordonnées normales d'une vibration E. Le premier peut être pris suivant l'un des axes binaires OX; T_1 et T_2 désignent les tenseurs de polarisabilité dérivés correspondant à $\vec{q}_1$ et $\vec{q}_2$, rapportés aux axes XYZ ([2]), compte tenu de l'orientation de $\vec{q}_1$ et de $\vec{q}_2$

$$T_1 = \begin{vmatrix} \varepsilon_1 & 0 & 0 \\ 0 & -\varepsilon_1 & \varepsilon_4 \\ 0 & \varepsilon_4 & 0 \end{vmatrix}, \qquad T_2 = \begin{vmatrix} 0 & -\varepsilon_1 & -\varepsilon_4 \\ -\varepsilon_1 & 0 & 0 \\ -\varepsilon_4 & 0 & 0 \end{vmatrix}.$$

Par une transformation linéaire dans le plan XOY, on passe de $\vec{q}_1$ et $\vec{q}_2$ à deux autres vecteurs représentant des coordonnées normales; l'un $\vec{q}_t$ est normal à $\vec{k}$, l'autre $\vec{q}_\lambda$ a la direction de la projection de $\vec{k}$ sur le plan XOY. On effectue la transformation correspondante sur T_1 et T_2. On remarque que $\vec{q}_t$ correspond à une vibration transversale, mais que $\vec{q}_\lambda$ correspond en général à une vibration intermédiaire entre une vibration longitudinale, à laquelle elle se ramène lorsque $\theta = \pi/2$, et une vibration transversale lorsque $\theta = 0$.

Les conditions de symétrie permettent de restreindre le domaine de variation de $\vec{k}$ à $0 \leq \theta \leq \pi/2$; $0 \leq \alpha \leq \pi/6$.

L'expérience montre que les raies $\nu = 393$, 403, 807, 1233 cm^{-1} du spectre Raman du quartz subissent des changements de la fréquence ν, de l'intensité I ou du facteur de dépolarisation ρ, inexplicables par la théorie de la polarisabilité ordinaire. Les raies 403 et 807 cm^{-1} changent de fréquence lorsque θ varie; les raies 393, 403, 1233 varient d'intensité lorsqu'on fait tourner le cristal autour de son axe principal OZ.

Le tableau suivant indique les valeurs expérimentales (m, moyenne; mf, moyenne faible; f, faible) et les prévisions théoriques faites pour I et ρ d'après les coefficients des tenseurs T_t et T_λ obtenus à partir des tenseurs T_1 et T_2. On a posé $\beta = 2\varepsilon_1^2/\varepsilon_4^2$.

([2]) L. Couture et J. P. Mathieu, *J. Phys.*, 6, 1945, p. 314.

		Expérience.					Théorie.	
$\theta=\frac{\pi}{2}$, $\alpha=0$.	ν......	392,5	401,5	795,5	809	1231,5	ν_t	ν_λ
	I......	f	m	mf	m	m	ε_4^2	$\varepsilon_1^2+\varepsilon_4^2$
	ρ......	~ 1	>1	~ 1	~ 1	$\gg 1$	1	$1+\beta$
$\theta=\frac{\pi}{2}$, $\alpha=\frac{\pi}{6}$.	ν......	393	400,5	796	810	1233	–	–
	I......	mf	f	mf	m	f	$\varepsilon_1^2+\varepsilon_4^2$	ε_4^2
	ρ......	>1	~ 1	~ 1	~ 1	>1	$1+\beta$	1
$\theta=\frac{\pi}{4}$, $\alpha=0$, $\frac{\pi}{12}$ ou $\frac{\pi}{6}$.	ν......	393	402	796	804,5	1235	–	–
	I......	m	m	mf	mf	mf	$\varepsilon_1^2+\varepsilon_4^2$	$\varepsilon_1^2+\varepsilon_4^2$
	ρ......	<1	<1	$\gg 1$	$\gg 1$	$\ll 1$	$\frac{2}{\beta}$	$\frac{2}{\beta}$
$\theta=0$, α indéterminé.	ν......	393,5	–	796,5	–	–	–	–
	I......	m	–	mf	–		$\frac{9}{4}\varepsilon_1^2+\varepsilon_4^2$	–
	ρ......	~ 1	–	~ 1		–	$\frac{4+3\beta}{4+6\beta}$	–

Les doublets 393-400 cm^{-1} et 796-810 cm^{-1} comprennent chacun une composante ν_t et une composante ν_λ. La fréquence de cette dernière est toujours plus élevée ([3]); elle ne varie pas avec l'angle α, mais seulement avec l'angle θ dont dépend l'orientation du moment de la vibration ν_λ par rapport à $\vec{k}$. Pour $\theta=0$, on n'observe plus que la raie ν_t, la vibration ν_λ devenant transversale.

Les valeurs observées pour I et pour ρ s'interprètent qualitativement pour le doublet 796-810 cm^{-1} en admettant que $\varepsilon_4^2 \gg \varepsilon_1^2$, c'est-à-dire $\beta \simeq 0$; les deux raies ont alors la même polarisation, indépendante de la valeur de α. Pour les deux raies du doublet 393-400 cm^{-1}, on a $\varepsilon_1^2 > \varepsilon_4^2$, $\beta > 2$; on observe qualitativement la variation prévue des intensités avec α. Toutefois, il faut supposer que les coefficients ε ne gardent pas une valeur constante selon qu'ils se rapportent aux vibrations ν_t ou ν_λ, afin d'expliquer les variations d'intensité des raies de ces doublets. La raie située vers 1230 cm^{-1} est trop diffuse et dans certains cas trop peu intense pour qu'on puisse affirmer que sa fréquence varie : il se peut qu'elle soit composée de deux raies insuffisamment séparées ν_t et ν_λ pour lesquelles $\varepsilon_1^2 > \varepsilon_4^2$, les coefficients ε de ν_λ étant nettement plus grands que ceux de ν_t.

([3]) R. H. Lyddane et K. F. Herzfeld, *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 846.

EFFET RAMAN. — *Spectres de basses fréquences de l'acide oxalique dihydraté.* Note de M. **Roger Marignan** et Mlle **Lucette Bardet**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente (1), nous avons étudié les spectres de vibrations internes de l'acide oxalique cristallisé. Nous donnerons ici l'interprétation que l'on peut faire des spectres de basses fréquences de ce même cristal.

La maille cristalline contenant deux molécules, on pouvait prévoir 33 vibrations fondamentales, dans lesquelles nous avons dénombré 24 vibrations internes (12 actives en Raman et 12 en infrarouge). Il restait donc 9 vibrations externes dont 6 seulement seront actives dans les spectres de diffusion. Ces 6 vibrations externes, 3 de type A_g, 3 de type B_g, sont certainement dues aux pivotements des molécules autour des axes de leur ellipsoïde des réfractivités, car les mouvements de translation des centres de gravité sont antisymétriques par rapport au centre et les vibrations correspondantes sont, par conséquent, inactives en Raman. En considérant, en première approximation, la molécule oxalique plane, nous avons désigné par O*u* l'axe longitudinal, O*v* l'axe perpendiculaire à O*u* dans le plan et O*w* la normale au plan moléculaire. La méthode simplifiée de Kastler et Rousset (2) nous a permis d'obtenir pour ces raies de pivotement, les tenseurs théoriques d'intensité correspondants. Expérimentalement, nous avons mis en évidence les fréquences suivantes : 51, 83, 116, 123, 151, 161 et 176 cm.$^{-1}$.

Les valeurs des facteurs de dépolarisation, pour les six cas d'étude en lumière naturelle et en lumière polarisée, sont données dans les tableaux ci-contre.

Nous avons pu donner, pour chaque fréquence, un tenseur expérimental d'intensité. Connaissant ainsi la valeur des fréquences des raies externes, leur type de symétrie, leur tenseur d'intensité expérimental d'une part, les tenseurs d'intensité théoriques d'autre part pour les trois pivots O*u*, O*v*, O*w*, nous avons attribué à chacune de ces fréquences un type de mouvement.

L'accord entre les résultats théoriques et expérimentaux est satisfaisant quand on adopte l'attribution suivante pour les six raies voisines de la raie excitatrice du spectre de diffusion du monocristal d'acide oxalique dihydraté :

51 cm^{-1}	83 cm^{-1}	116 cm^{-1}	123 cm^{-1}	151 cm^{-1}	176 cm^{-1}
V_S	V_A	U_A	U_S	W_A	W_S

(1) R. Marignan et L. Bardet, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 714.

(2) *J. Phys. Rad.*, 2, 1941, p. 49.

Lumière naturelle.

Direction du faisceau.		Facteurs de dépolarisation.						
Incident.	Diffusé.	51.	83.	116.	123.	151.	161.	176.
// OZ	// OX	o	∞	∞	o	∞	o	o
// OZ	// OY	o	∞	∞	o	∞	inv.	o
// OX	// OZ	2,8	$\sim$ o	—	—	∞	o	<1
// OY	// OZ	0,6	∞	—	—	o	inv.	∞
// OX	// OY	—	$\sim$ o	—	—	∞	inv.	∞
// OY	// OX	—	∞	—	—	o	inv.	∞
Types des vibrations...		A_g	B_g	B_g	A_g	B_g	A_g	A_g

Lumière polarisée (vibration dans le plan de diffusion).

Direction du faisceau.		Facteurs de dépolorisation.						
Incident.	Diffusé.	51.	83.	116.	123.	151.	161.	176.
// OZ	// OX	o	inv.	∞	o	∞	inv.	o
// OZ	// OY	o	∞	∞	o	inv.	inv.	o
// OX	// OZ	inv.	o	<1	inv.	∞	inv.	inv.
// OX	// OY	∞	o	o	∞	inv.	inv.	∞
Types des vibrations...		A_g	B_g	B_g	A_g	B_g	A_g	A_g

Le doublet 51-83 cm^{-1} correspond aux pivotements cohérents des molécules autour de l'axe Ov, le doublet étroit 116-123 cm^{-1}, aux pivotements autour de l'axe longitudinal Ou des molécules et enfin le doublet 151-176 cm^{-1} aux pivotements autour de la normale Ow au plan moléculaire.

La fréquence supplémentaire 161 cm^{-1} trouvée dans nos clichés, correspond vraisemblablement, étant donné la valeur de sa fréquence, son type de symétrie (A_g) et son intensité relativement très faible, à l'harmonique de la fréquence antisymétrique 83 cm^{-1}.

PIÉZOÉLECTRICITÉ. — *Sur la mesure des caractéristiques d'un cristal de quartz. Utilisation de l'abaque bi-circulaire.* Note (*) de M. **Jean Coulon**, présentée par M. Camille Gutton.

L'auteur montre, dans la présente Note, que l'utilisation industrielle de méthodes précédemment exposées implique de s'imposer des conditions préalables de mesure.

Dans une précédente Note ([1]) nous avions montré que la mesure du coefficient de surtension d'un cristal de quartz se ramenait à une mesure de surtension, qui permettait de déterminer un point du diagramme circulaire ([2]).

(*) Séance du 5 mai 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1271.

([2]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1139.

D'autre part, rappelons les équations paramétriques ([2]) :

$$R = \frac{rQ}{r^2 + Q^2\sigma_0^4} = \frac{\lambda}{1 + \lambda^2\sigma_0^4},$$

$$S = \frac{Q^2\sigma_0^2(1 - \sigma_0^2) - r^2}{r^2 + Q^2\sigma_0^4} = \frac{\lambda^2\sigma_0^2(1 - \sigma_0^2) - 1}{1 + \lambda^2\sigma_0^4},$$

en posant

$$\frac{Q}{r} = \lambda.$$

L'élimination de σ_0^2 nous avait déjà donné la famille

$$(S + 1)^2 + \left(R - \frac{\lambda}{2}\right)^2 = \frac{\lambda^2}{4}, \quad \text{de paramètre } \lambda,$$

celle de λ donnerait une deuxième famille :

$$R^2 + \left(S + 1 - \frac{1}{2\sigma_0^2}\right)^2 = \frac{1}{4\sigma_6^4}, \quad \text{de paramètre } \sigma_0^2.$$

Ces deux familles représentent, un faisceau orthogonal (*fig.* 1).

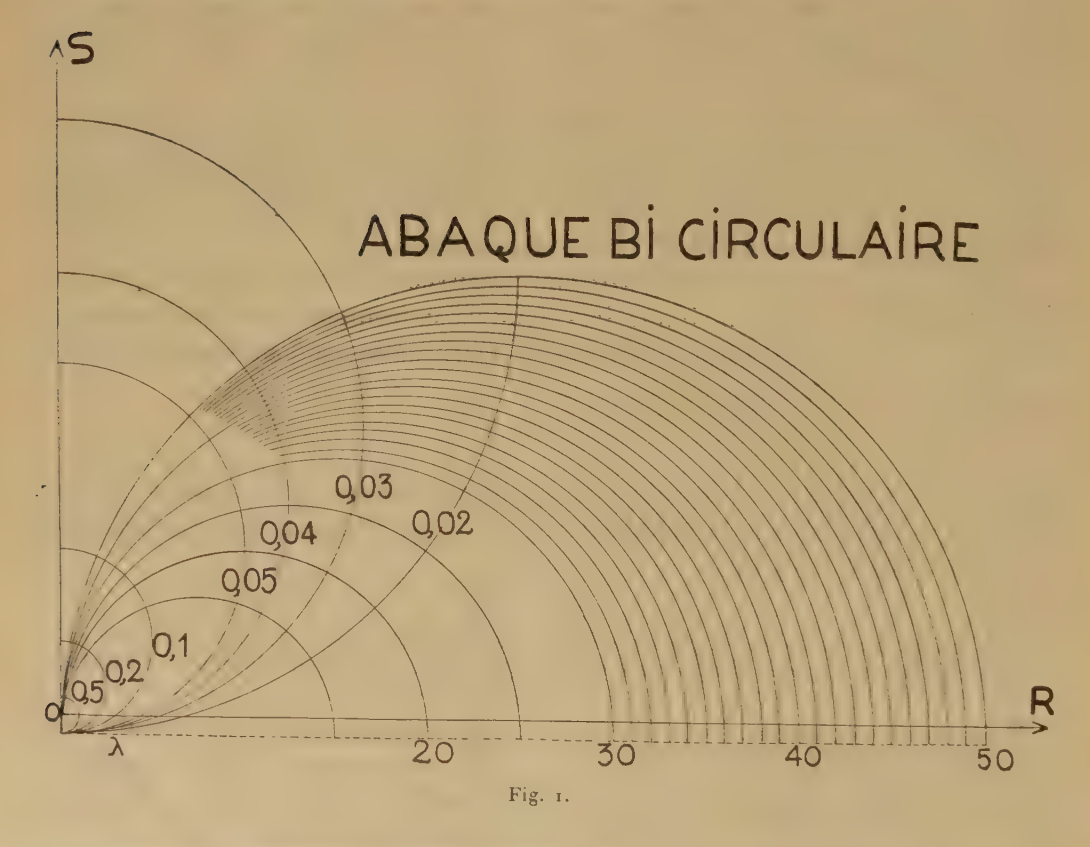


Fig. 1.

A priori, une mesure d'impédance donne un point quelconque dans le plan R, S, puisqu'elle obéit aux lois du hasard. A ce point correspondent deux valeurs bien déterminées de λ et de τ_0^2.

En considérant l'abaque bi-circulaire, on note d'autre part que la précision dans la détermination de λ croît lorsque $Z = \sqrt{R^2 + S^2}$ est le plus grand possible. Intuitivement, il apparaît donc que la mesure de surtension doit se faire dans le cas des grandes impédances. Ce résultat peut se montrer aisément.

En effet, considérons (*fig.* 2), deux cercles particuliers du faisceau orthogonal, M leur point d'intersection. On sait que $OM = Z$. Soit ω le point d'intersection de la médiatrice de OM et de OR.

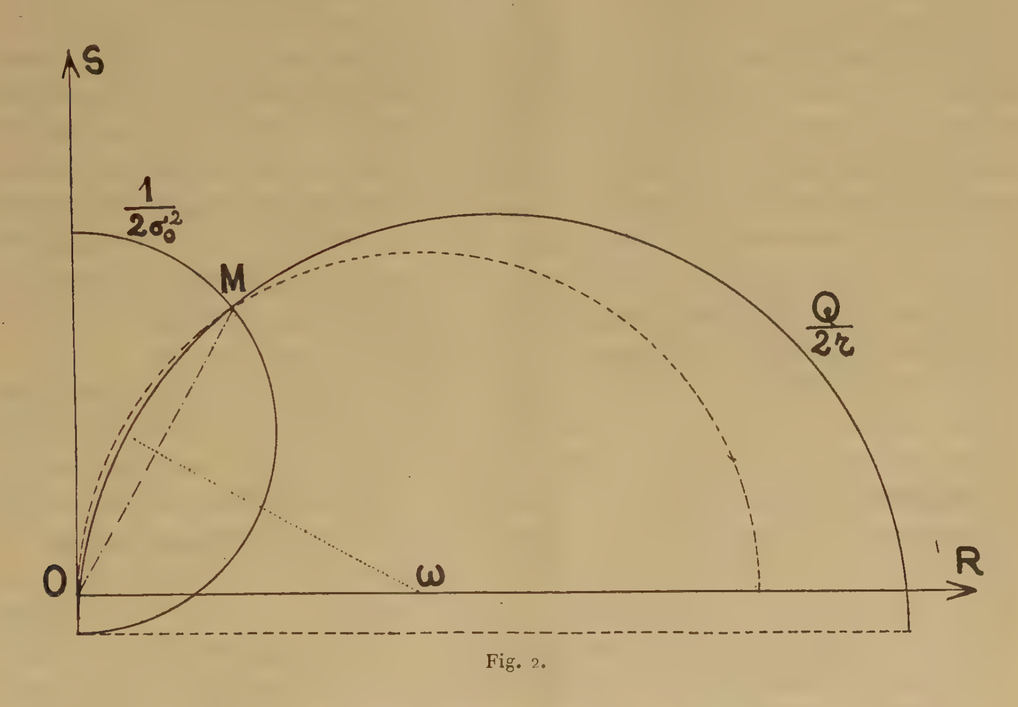


Fig. 2.

Le cercle passant par O et M, de centre ω a pour rayon

$$O\omega = \frac{Q}{r}\left[(\sigma_0^2 - 1)^2 + \frac{r^2}{Q^2}\right].$$

OM est une corde particulière de ce cercle, et un résultat classique du calcul des probabilités continues donne pour valeur la plus probable de OM

$$OM = \frac{\pi Q}{2r}\left[(\sigma_0^2 - 1)^2 + \frac{r^2}{Q^2}\right].$$

Si l'on ne fixe aucune condition *a priori* (sauf évidemment $OM < Q/r$), on trouve, en négligeant r^2/Q^2 devant $2/\pi$, que la valeur la plus probable pour σ_0^2 est comprise entre 0, 2 et 1, c'est-à-dire que la mesure offre peu de garanties de précision.

Par contre si l'on se fixe une valeur minimum pour Z soit $k(Q/r)$ (avec $0 < k < 1$), on voit que nécessairement σ_0^2 est plus petit qu'un nombre donné à l'avance.

La précision de la mesure sera donc augmentée, en choisissant une mesure de surtension dans le cas des grandes impédances [3].

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Influence de divers facteurs physiques sur la régression de l'image latente due aux particules ionisantes.* Note de MM. **Jacques Thouvenin** et **Pierre Demers**, présentée par M. Jean Cabannes.

Des émulsions spéciales préparées aux laboratoires [1] ont servi à des expériences où on a varié les conditions d'irradiation et celles de conservation. La nature de l'émulsion ne semble exercer aucune action sur la régression, mesurée par la diminution de la densité linéaire des grains sur les traces de rayons α et de protons, sauf par la taille des grains, les grains les plus fins perdant leurs impressions deux ou trois fois plus vite que les plus gros. Les conditions extrêmes vont de 0,08 à 0,3 μ pour le diamètre des grains, de 0 à 3 % pour le rapport I/(I+Br), la composition est 85 % AgBr, 15 % gélatine, et ordinairement 2 % triéthanolamine ajoutée.

Un résultat important est que l'oxygène de l'air est à peu près sans effet sur la vitesse de la régression à une humidité relative de 70-90 % (atmosphère en équilibre avec une solution de potasse avec ou sans pyrogallol). Le phénomène est beaucoup accéléré par l'humidité si celle-ci passe de 40 % à 70 ou 90 %, beaucoup plus que par l'élévation de la température de 25 à 48° C. Le pyrogallol absorbant l'eau oxygénée et l'oxygène, la théorie de Yagoda [2] et celle de Faraggi [3] ne paraissant pas acceptables dans leur forme originale, on peut soutenir une théorie d'une évaporation thermique des atomes Ag dans le cristal Ag Br, favorisée par l'humidité qui l'entoure.

L'inscription continue des étoiles radioactives du thorium inclus dans l'émulsion, a donné lieu à deux séries d'observations. L'intervalle de temps moyen entre l'inscription des rayons de Th, Tn, Th A d'une part, et Th C′ d'autre part, est environ 10,6 h; on peut les distinguer par leur longueur et chercher une petite différence de la densité des traces associées dans une même étoile, par exemple un léger accroissement initial qui précéderait la régression. L'observation dans des conditions où la régression était faible n'a montré aucun tel accroissement.

La désintégration s'opérant à un taux uniforme, des nombres égaux de

(3) E. Fromy, *Mesures en Radioélectricité*, 1948, p. 344.

(1) P. Demers, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 616; *Sc. Ind. Phot.*, 23, 1952, p. 1-4.

(2) *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 910-911; *Rad. Meas. Nucl. Em.* Wiley, New-York, 1949.

(3) G. Albouy et H. Faraggi, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 68.

traces de Th C′ apparaissent dans des temps égaux. On a pu tirer ainsi par l'analyse des traces contenues dans une seule plaque, la relation entre D et t.

Nous avons cherché la relation entre D et le pouvoir ionisant I, pour des âges variés, le long de protons de 20 à 40 MeV. Aux densités moyennes, on vérifie une loi du genre $D_0 - D_t = a + b\,D_0$, a et b étant des fonctions du temps et non de D_0. Il y a trois périodes :

1° Aux faibles régressions, b est nul, de sorte que dans des temps égaux il disparaît des *nombres* égaux de grains dans un segment quelconque d'une trace, quel que soit I : les courbes D—I subissent une simple translation vers le bas ([4]); a ensuite varie peu.

2° Pour trois jours à 25°C et 90 % d'humidité, un grain de 0,1 μ de diamètre, $b = 0{,}32$, $a = 0{,}45$ grain par micron. Dans des temps égaux il disparaît alors une *fraction* égale des grains dans tous les segments des traces.

3° Aux régressions les plus fortes, la densité des traces encore discernables ne montre plus de variation avec t, ni beaucoup de variation avec I, rayons α, protons lents et protons rapides sont difficiles à distinguer. Dans cette période, les traces deviennent invisibles.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Mesure des densités de neutrons par autoradiographie de détecteurs.* Note (*) de MM. **André Ertaud** et **Pierre Zaleski**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

On présente une méthode de mesure de densité de neutrons. Elle consiste à faire l'autoradiographie, par rayons β, du détecteur mince, irradié dans le flux de neutrons à étudier. On donne un exemple d'application.

La méthode est, en principe, particulièrement simple : on place, dans la région à étudier un détecteur mince, convenablement choisi (or, argent, manganèse, etc.). Après irradiation, le détecteur est placé contre l'émulsion d'un film à grain fin. La densité du noircissement obtenu par les rayons β ([1])

([4]) J. Lapalme et P. Demers, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 535; *Ann. Acfas*, 14, 1948, p. 64; J. Lapalme, *Thèse de maîtrise*, Université de Montréal, 1948.

(*) Séance du 28 avril 1951.

([1]) Il est évident que l'action photographique du détecteur est due non seulement aux rayons β, mais aussi aux rayons γ (qui sont émis simultanément pour la plupart des détecteurs). On peut pourtant négliger l'action de ces derniers, étant donné que la sensibilité des plaques photographiques aux rayons γ est très nettement inférieure à la sensibilité aux rayons β et que la distribution des rayons γ dans le détecteur mince est analogue à celle des rayons β.

([2]), est alors mesurée au microdensitomètre. Si l'on opère dans la région pour laquelle la réponse du film est très sensiblement linéaire, cette densité de noircissement est proportionnelle en chaque point au flux de neutrons (*fig.* 1).

L'intérêt principal de la méthode réside dans le fait que l'on peut obtenir un pouvoir de résolution nettement supérieur à celui que l'on obtient avec d'autres méthodes (détecteur-compteur G. M., chambre d'ionisation au bore, etc.).

Blau, Ruderman et Czechowski ([3]) ont étudié l'application des plaques photographiques aux mesures des intensités des neutrons lents. La technique d'autoradiographie des détecteurs présente, par rapport aux techniques proposées par ces auteurs, l'avantage de ne pas introduire la plaque photographique dans le flux de neutrons. Elle permet donc des mesures correctes dans le cas, très fréquent, où le flux de neutrons est accompagné d'autres radiations (γ, β, α).

Pour obtenir un bon pouvoir de résolution dans le cadre de cette méthode, il faut réaliser un certain nombre de conditions : *a.* utiliser des détecteurs très minces; *b.* la couche d'émulsion ne doit pas être trop épaisse; *c.* le contact entre le détecteur et l'émulsion doit être le meilleur possible. Nous avons utilisé comme détecteur des dépôts métalliques sur des feuilles de nitrate de cellulose obtenus par évaporation sous vide. L'épaisseur des dépôts utilisés est de l'ordre de quelques microns. Les dépôts sont homogènes et leur épaisseur est uniforme avec une précision suffisante sur des surfaces suffisamment grandes (8×2 cm). Le contact a été assuré à l'aide d'un châssis-presse pneumatique signalé par Mlle Gaultier du Marache ([4]). L'épaisseur de la lame d'air varie dans la région utilisée entre 0,25 et 0,35 μ.

Nous avons utilisé des émulsions commerciales Kodak à grains fins qui ont une épaisseur de 10 μ. Pour préciser le pouvoir de résolution que l'on peut obtenir, on a mesuré la densité de noircissement à une distance de 0,2 mm de l'arête du détecteur. Elle est de 2 % de sa valeur sur l'arête (film Kodak 1357, détecteur d'or de 2 μ).

En vue de vérifier la méthode, nous l'avons appliquée à un problème calculable : répartition de la densité des neutrons dans un bloc de paraffine d'épaisseur grande, les neutrons arrivant perpendiculairement à la face d'entrée.

L'expérience a été faite à la pile de Châtillon avec un détecteur d'or de 2 μ d'épaisseur et un film Kodak 1357. Ce problème a déjà été

([2]) HERMAN YAGODA, *Radioactive measurements with nuclear emulsions*, John Wiley et Son, New-York, 1949.

([3]) *Rev. Sc. Instr. U. S. A.*, 21, 3e série, 1959, p. 232-236.

([4]) *Science et Industrie photographiques*, no 5, 2e série, 22, 1951.

étudié théoriquement et expérimentalement ([5]). La figure 2 montre comment se place la courbe théorique. On constate que l'accord est très satisfaisant. L'erreur estimée est de l'ordre de ± 2 %. On peut comparer

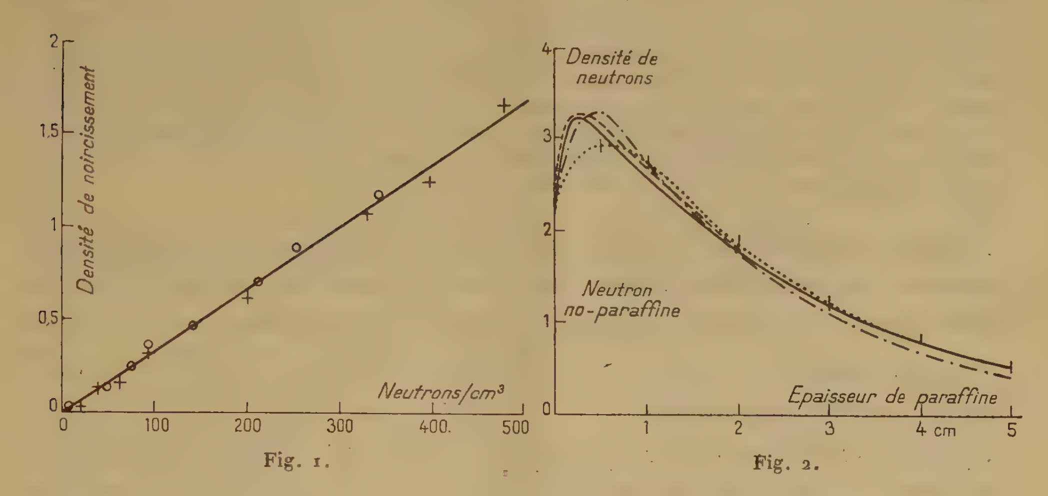


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Densité de noircissement en fonction de la densité de neutrons.
Détecteurs d'or. — Film Kodak 1357.
Temps d'irradiation : Ti = 60 m; Temps de décroissance : Td = 60 m; Temps d'exposition : Te = 8 h 30 m.
Épaisseur du détecteur 57 mg/cm².

Fig. 2. — Densité de neutrons dans la paraffine. (Expérience Châtillon).
------- Courbe théorique. ———— Courbe expérimentale.
(Expérience Tait et Smith.)
—.—.— Courbe théorique. — — — — Courbe expérimentale.

ces résultats avec les courbes publiées par Smith et Tait. Il faut noter que la longueur de diffusion prise par ces auteurs pour la construction de leur courbe théorique est 2,1 cm (valeur donnée par Amaldi et Fermi, 1936), tandis que leur expérience, aussi bien que la nôtre, prouve que cette valeur est de 2,42 ± 0,04 cm ([6]).

En conclusion, il semble que la méthode de radioautographie des détecteurs permette d'étudier, d'une façon précise et rapide, les variations brusques de densité de neutrons. Elle peut, par exemple, s'appliquer à l'étude expérimentale du comportement des neutrons au voisinage d'absorbeurs forts, ou dans une région où sont placés plusieurs matériaux de qualités différentes et d'assez faibles dimensions (cellules de piles par exemple).

([5]) B. S. Smith et J. H. Tait, *Nature*, 165, 1950.

([6]) C. W. Tittle, *Phys. Rev. U. S. A.*, 80, 4e série, 1950, p. 756.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Remarque sur la règle de Nordheim relative au moment angulaire des noyaux impairs-impairs.* Note (*) de M. **Roger Nataf**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Cette règle empirique a été énoncée par Nordheim ([1]) dans le cadre du modèle de M. G. Mayer. Nous montrons qu'elle résulte du couplage j-j entre le proton impair et le neutron impair, et du fait que l'état le plus stable du noyau comporte le maximum d'état triplet pour l'ensemble de ces deux nucléons. Un couplage L-S ne permet pas de l'expliquer; le couplage j-j serait donc bien une meilleure approximation pour le domaine étudié dans ([1]) : $A > \sim 30$.

1. Dans le modèle en couches de M. G. Mayer, une couche de neutrons ou de protons est caractérisée, outre le nombre quantique principal, par les nombres quantiques l de moment orbital, j de moment angulaire total $j = l \pm 1/2$. puisque l'on admet un fort couplage spin-orbite $\left(\text{en } \vec{l}.\vec{s} \text{ par exemple}\right)$ pour chaque nucléon.

a. Pour les *noyaux impairs* (Z ou N impairs) dans l'état fondamental, on admet que l, j sont ceux du noyau : $L = l$, $J = j$, le dernier nucléon étant soumis au champ central moyen créé par le « cœur » saturé, de moment angulaire nul. L'expérience ([2]) montre que cette approximation, grossière il est vrai, permet d'obtenir correctement les parités et, presque toujours, les J des noyaux impairs.

b. Les *noyaux pairs-pairs* ne comportent que le cœur saturé. On prévoit $J = 0$ et une fonction d'onde *paire*, ce qui est conforme à l'expérience.

c. Pour les noyaux *impairs-impairs*, J et parité résultent des nombres quantiques approchés du proton impair : $l_1, j_1 = l_1 \pm 1/2$, et du neutron impair : $l_2, j_2 = l_2 \pm 1/2$. S'il y avait un fort couplage entre $\vec{l}_1$ et $\vec{l}_2$ (dû à une forte interaction centrale, par exemple) pour ce proton et ce neutron, les self-couplages $\vec{l}_1 \vec{s}_1$, $\vec{l}_2 \vec{s}_2$ seraient rompus, et le couplage $L - S \left(\vec{L} = \vec{l}_1 + \vec{l}_2,\ \vec{S} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2\right)$ serait une meilleure approximation que $j - j$.

Nordheim fait l'hypothèse du couplage $j - j$ ce qui implique une interaction assez faible ([3]), et énonce la règle suivante :

1° Si $j_1 = l_1 \pm \frac{1}{2}$, $j_2 = l_2 \mp \frac{1}{2}$, $J = |j_1 - j_2|$ (exception pour ^{40}K);

2° Si $j_1 = l_1 \pm \frac{1}{2}$, $j_2 = l_2 \pm \frac{1}{2}$, $J > |j_1 - j_2|$ et, souvent, $J = j_1 + j_2$

lorsque $J = j_1 + j_2$ nous disons que la règle stricte est vérifiée.

(*) Séance du 5 mai 1952.

([1]) *Rev. Mod. Phys.*, 23, 1951, p. 322.

([2]) M. G. Mayer, S. A. Moszkowski et L. W. Nordhein, *ibid.* p. 315.

([3]) D'après les données expérimentales l'énergie de liaison $P - N$ est de 1 à 2 MeV

Le premier et le deuxième cas peuvent être discernés à l'aide des valeurs expérimentales des moments magnétiques des noyaux $(N \pm 1, Z)$ et $(N, Z \pm 1)$ qui se placent au voisinage des deux lignes de Schmidt respectivement dans le premier cas, de la même dans le deuxième.

2. G. Racah (4) calcule le poids de l'état singulet de spin pour deux nucléons de la même couche, avec un couplage $j-j$ assez faible, comme la valeur moyenne de

$$S_{12} = \frac{1}{4} - \vec{s}_1 \vec{s}_2 = \frac{1}{4}\left(1 - \vec{\sigma}^{(1)} \vec{\sigma}^{(2)}\right)$$

Une extension immédiate de son calcul nous conduit ici :

dans le premier cas à

$$\langle S_{12} \rangle = \frac{1}{4} + \frac{J(J+1) - j_1(j_1+1) - j_2(j_2+1)}{2(2l_1+1)(2l_2+1)}.$$

La valeur minima de $\langle S_{12} \rangle$, c'est-à-dire le *poids maximum de l'état triplet*, est réalisé par J minimum : $J = |j_1 - j_2|$;

dans le deuxième cas à

$$\langle S_{12} \rangle = \frac{1}{4} + \frac{j_1(j_1+1) + j_2(j_2+1) - J(J+1)}{2(2l_1+1)(2l_2+1)}.$$

La valeur minima de $\langle S_{12} \rangle$ est ici réalisée par J maximum : $J = j_1 + j_2$.

Nous obtenons ainsi la règle stricte en partant du fait connu que l'état triplet du système neutron-proton correspond à une énergie de liaison plus grande que l'état singulet : cas de ${}^2_1H$.

Ce fait a été expliqué par des interactions d'échange de Heisenberg en $P_\tau V(r)$ et de Majorana en $-P_x V(r)$.

$P_\tau = -1$ pour un état *antisymétrique de charge*, qui conduit donc à l'énergie de liaison la plus grande.

$P_\tau = +1$ pour un état symétrique de charge.

$P_x = +1$ pour un état *symétrique d'espace* conduit à la plus grande énergie de liaison.

Or $P_x P_\tau = -P_\sigma = 2S_{12} - 1$; si $P_\tau = -1$ est réalisé (cas de ${}^2_1H$), $P_x = 1 - 2S_{12}$: $\langle P_x \rangle$ maximum ou $\langle S_{12} \rangle$ minimum correspond bien à l'état le plus lié. Mais, en général, l'état du système P-N ne peut être un cas pur pour P_τ : l'action coulombienne du cœur sur le proton, notamment, s'y oppose. Ceci nous paraît expliquer le fait que la règle stricte ne soit pas toujours suivie.

3. D'autres schémas en couche ont été proposés (Feenberg et Hammack, etc.) où le couplage spin-orbite est faible.

---

alors que l'énergie de liaison d'un nucléon impair est de l'ordre de 8 MeV pour les noyaux moyens (H. A. Bethe et R. F. Bacher, *Rev. Mod. Phys.*, 8, 1936, p. 104-105).

(4) *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 622 L.

Ces schémas, avec un ordre convenable des couches (n, l) conduisent, semble-t-il, à des valeurs correctes de J et de la parité pour les noyaux impairs. Le couplage L-S y serait, pour un neutron et un proton impairs, la meilleure approximation. L'état le plus stable y serait toujours l'état triplet $S=1$. Un calcul analogue à celui de Slater [5] pour les électrons atomiques montre qu'il correspond aussi, avec un couplage assez faible, à $L=|l_1-l_2|$.

On aurait donc

$$J=l_1-l_2, \qquad l_1-l_2\pm 1 \qquad (l_1>l_2),$$

sans distinction possible entre le premier et le deuxième cas (indiqués ici par les moments magnétiques).

Cependant dans le domaine des supermultiplets de Wigner $A<30$ non étudié dans [1], [2], plusieurs arguments [6] indiquent que le couplage L-S est, au contraire, une meilleure approximation.

RADIOACTIVITÉ. — *Détermination expérimentale du coefficient d'absorption des rayons α d'un corps de composition chimique inconnue et recherche de la teneur en uranium et en thorium d'un corps radioactif par autoradiographie.* Note de MM. **René Coppens** et **Goulven Vernois**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Le nombre N de rayons α inscrits par centimètre carré et par seconde par un corps radioactif sur une émulsion nucléaire dépend de la concentration C en U ou en Th et d'un coefficient d'absorption K′ qui a pu être calculé en fonction de la concentration c, du poids atomique A et du pouvoir d'arrêt s des éléments constituant l'émetteur. $K'=0{,}85/\Sigma cs/A$ [1].

Les teneurs C_U en uranium et C_{Th} en thorium d'un corps dans lequel l'équilibre radioactif est réalisé sont données par

$$9{,}2\, C_U K'=N \qquad \text{et} \qquad 2{,}56\, C_{Th} K'=N.$$

S'il y a, à la fois U et Th, dans le rapport $C_{Th}/C_U=n$, on a $(9{,}2+2{,}56\,n)C_U=N$.

N déterminé expérimentalement, on a CK′, mais il est difficile d'évaluer C car K′ dépend de la composition chimique, donc de C. Des abaques donnant C en fonction de CK′ pour des valeurs moyennes ont permis de résoudre approximativement le problème [2].

---

(5) *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 1293. *Cf* aussi : R. Nataf et R. Bouchez, *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 81 (appendice p. 92-93).

(6) R. Bouchez, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 440 et 231, 1950, p. 139, 275; R. Nataf, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 532 et 737 et article R. Bouchez et R. Nataf à paraître au *Journ. Phys. et Rad.*

(1) I. Curie, *J. Phys. Rad.*, 7, 1946, p. 313.

(2) R. Coppens, *Bull. Soc. Min. et Crist.*, 73, 1950, p. 241.

La méthode indiquée ci-après permet l'évaluation expérimentale de K' d'un corps de composition chimique inconnue et la détermination des teneurs en U et Th par autoradiographie.

Soit un corps A de composition chimique inconnue. Sa teneur C en U est à déterminer. Posons $\Sigma cs/A = \mu$, ce qui donne $K' = 0,85/\mu$.

Soit, d'autre part un corps inerte B de composition connue. $\Sigma cs/A = \mu_1$ et $0,85/\mu_1$ sont connus.

On fait un mélange de A et de B dans les proportions a de B et $(1-a)$ de $A (0 < a < 1)$. La teneur du mélange en U est $C(1-a)$ et son coefficient d'absorption

$$K'_1 = \frac{0,85}{(1-a)\mu + a\mu_1}.$$

On peut alors calculer le rapport

$$\frac{K}{K'_1} = \frac{(1-a)\mu + a\mu_1}{\mu}.$$

Le nombre de rayons α inscrits sur une émulsion par le corps A est $N = 9,2\,CK'$ et par le mélange $N' = 9,2(1-a)CK'_1$. On en tire

$$\frac{N}{N'} = \frac{K'}{(1-a)K'_1} = \frac{(1-a)\mu + a\mu_1}{(1-a)\mu},$$

d'où

$$\mu = \frac{N'a}{(N-N')(1-a)}\mu_1 \quad \text{et} \quad K' = \frac{0,85}{\mu} = \frac{0,85(N-N')(1-a)}{\mu_1 N' a},$$

soit

$$K' = K'_1 \frac{(N-N')(1-a)}{N'a} \quad \text{et} \quad C = \frac{NN'a}{9,2\,K'_1(N-N')(1-a)}.$$

La silice $(K'_1 = 14,3)$ semble particulièrement indiquée pour de telles mesures. En faisant le mélange dans les proportions de 50 % de silice, on a $a = 1 - a$ d'où

$$K' = 14,3\frac{N-N'}{N'} \quad \text{et} \quad C = \frac{1}{9,2.14,3}\frac{NN'}{N-N'} = 0,0076\frac{NN'}{N-N'}.$$

Nous avons vérifié par deux séries d'expériences les possibilités de la méthode en déterminant les nombres N et N' de rayons α inscrits sur une émulsion nucléaire par des minerais purs et ces minerais mélangés à 50 % de silice.

Nous avons d'abord déterminé K' de minerais de composition connue en le calculant à partir de cette composition et en le mesurant par la méthode indiquée :

	K' calculé.	K' mesuré.	Écarts relatifs.
Monazite	23	24	4%
Allanite [3]	16,8	17,3	3%

---

[3] R. Coppens, *Bull. Soc. Min. et Crist.*, 75, 1952, p. 59.

Nous avons ensuite évalué la teneur en U de corps dont la composition nous était inconnue mais soumis, au préalable, à une analyse chimique. Les résultats sont consignés ci-après :

N.	N'.	C par autoradiographie (%).	C par analyse chimique (%).	Écarts relatifs. (%).
4,72	1,7	2,02	2,1	−4
23,6	12,2	19,2	18,9	+3,5
23,8	12,5	19,98	20,0	−0,1
		11,15	11,2	−0,45

Les calculs précédents s'appliquent naturellement à la recherche de la teneur en Th. Il suffit de remplacer 9,2 par 2,56. Lorsque le corps contient à la fois U et Th, il convient d'évaluer d'abord le rapport $C_{Th}/C_U = n$ et de remplacer 9,2 par $(9,2 + 2,56\,n)$.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le polissage électrolytique dans les solutions d'acide sulfamique.* Note de MM. **Sakae Tajima** et **Takemi Mori**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'acide sulfamique, H_2NSO_3H, a une force comparable à celle des acides sulfurique et nitrique. Étant donné que les sulfamates de plusieurs métaux sont aussi solubles que les perchlorates correspondants, il nous est apparu que cet acide pourrait constituer un nouvel électrolyte de polissage.

Il est intéressant de remarquer que la concentration de la solution ne peut pas être très grande, puisque la solubilité de l'acide sulfamique dans l'eau est 21,32 g/% à 20°.

Parmi les métaux essayés (Al, Mg, Fe, Ni, Sn, Pb, Cu, Zn, Cd, Mo, W, Ag), seuls le cadmium, le zinc et le molybdène ont pu être polis dans les solutions aqueuses d'acide sulfamique. Toutefois, le cuivre, l'étain et le plomb subissent localement un certain brillantage.

Ainsi qu'on l'a signalé dans de nombreux cas de polissage électrolytique, par exemple avec l'argent en milieu cyanuré [1], la courbe courant-voltage présente, dans la partie initiale ou la totalité de la région correspondant au polissage, des oscillations périodiques qui traduisent des alternances de passivation et d'activation [2]. Ce fait suggère, qu'en solution d'acide sulfamique, le mécanisme du phénomène est essentiellement le

[1] E. Darmois et S. Dolinsky, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 389; C. Chalin, *Ibid.*, 233, 1951, p. 362.

[2] S. Tajima, *J. Electrochem. Soc. Japan*, 13, 1945, p. 76.

même que dans les autres électrolytes, c'est-à-dire en relation avec la passivation anodique.

Les conditions de polissage sont résumées dans le tableau.

Polissage du zinc, du cadmium et du molybdène.

Métal.	Concentration de l'acide sulfamique.	Tension (V).	Densité de courant (A/dm^2).	Voltage correspondant aux oscillations.
Zinc................	Entre 5 % et la saturation	10–14	140–240	9,5
Cadmium...........		8–12	140–220	6–9
Molybdène..........		17–20	100–140	6–20

En effectuant l'électrolyse dans la région de la courbe au delà du domaine de polissage, le zinc et le cadmium se recouvrent respectivement d'un produit blanc et d'un produit noir, en même temps que la surface subit une attaque. Pendant le polissage du molybdène, il se forme un film gélatineux de couleur bleu foncé.

Pour expliquer la valeur élevée du voltage nécessaire au polissage, nous admettons que, pour le zinc et le cadmium, le dégagement d'hydrogène qui accompagne la simple immersion doit être supprimé. Dans le cas du molybdène, il existe une très forte surtension de l'oxygène, que l'on observe d'ailleurs également avec les solutions des acides sulfurique et phosphorique [3].

Il est à noter que la solution d'acide sulfamique de concentration 1,1 N (densité 1,060 à 16°) permet un excellent polissage, bien qu'elle soit à la fois plus diluée, moins dense et moins visqueuse que les électrolytes sulfurique ou phosphorique. Si l'on utilise des solutions d'acide phosphorique de même normalité (1,1 N, densité = 1,031), ou de même densité (1,060), on n'observe pas un véritable polissage, mais seulement un brillantage local du zinc et du cadmium.

Ces résultats prouvent que du point de vue de l'effet de polissage, les propriétés de l'anolyte jouent un rôle plus important que celles de la masse du bain. Ceci est vérifié aussi avec l'aluminium dans la soude [4], le nickel dans les chlorures [5], l'argent [6] et le cadmium [7] dans les cyanures. Cependant, d'une manière générale, les solutions les plus concentrées ou les plus visqueuses doivent être choisies de préférence.

Divers agents d'addition non ioniques, tels que la glycérine (20 g/l), des

---

(3) S. Tajima, *The Japan Science Rev.*, **1**, 1950, n° 4, p. 58.
(4) S. Tajima, *J. Electrochem. Soc. Japan*, **15**, 1947, p. 17.
(5) S. Tajima et T. Mori, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 161.
(6) J. Liger, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 5e série, **11**, 1944, p. 568.
(7) D. Gray et S. E. Eaton, *Iron Age*, 10 avril 1947, p. 64.

corps tensioactifs (mouillants, 0,1 g/l) et l'acide acétique (5 cm³/l) améliorent la qualité du poli du zinc et du cadmium, mais n'ont aucun effet sur celui du molybdène. Pour ce métal, l'addition d'acide chromique (20 à 50 g/l) [3], donne d'excellents résultats, mais le film bleu foncé signalé plus haut est remplacé par une pellicule colloïdale transparente, d'ailleurs facilement éliminée par lavage à l'eau.

En abaissant la température de l'électrolyte jusqu'à −2°, les oscillations périodiques sont toujours observées; le zinc et le cadmium subissent un poli aussi bon qu'à la température ordinaire, mais avec le molybdène les résultats sont moins satisfaisants. Il est vraisemblable qu'aux basses températures l'action dissolvante de l'acide sulfamique sur le zinc et le cadmium est diminuée, tandis que le molybdène subit une forte passivation.

CHIMIE MINÉRALE. — *L'hydratation de quelques oxydes des terres rares et son influence sur la corrosion à l'air des métaux correspondants.* Note de Mme Suzanne Barbezat et M. Jean Loriers, présentée par M. Paul Lebeau.

Quand on étudie à l'aide de la thermobalance de P. Chevenard, l'oxydation du cérium aux températures peu élevées, *à l'air*, on constate que les isothermes masse-*temps*, traduisent une corrosion beaucoup plus rapide que celle qui se produit dans l'oxygène pur et sec [1]. Cette différence ne peut être attribuée qu'à l'action de l'humidité ou du CO_2 atmosphériques. Pourtant l'analyse aux rayons X par la méthode des poudres du produit d'attaque detaché du métal ne permet d'identifier que le bioxyde CeO_2. S'il y a formation d'autres composés, celle-ci ne peut être qu'intermédiaire, et pour la mettre en évidence, il faut avoir recours à une technique plus sensible.

Nous avons utilisé la chambre Debye-Scherrer à incidence variable de C. Legrand [2] adaptée à l'étude des couches sub-superficielles. L'examen d'une surface plane de cérium à 99,55 % (0,22 % Fe, 0,15 % Ca, 008 % Al) abandonnée à l'air après décapage mécanique a donné les résultats suivants :

On observe d'abord la structure cubique à faces centrées du métal ($a = 5{,}155$ Å $\pm 0{,}004$).

Au bout de quelques heures, il apparaît le diagramme de l'oxyde Ce_2O_3

---

(3) Dans leur technique de polissage du molybdène en solution d'acide sulfurique (Brevet français n° 707 526, 1931), H. Figour et P. Jacquet, utilisent l'immersion dans l'acide chromique pour éliminer la couche bleuâtre formée sur la surface pendant l'électrolyse.

(1) J. Loriers, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 522.

(2) *Bull. Soc. Minéralogie*, 74, 1951, p. 20.

cubique, déjà mis en évidence par R. Courtel et J. Loriers [3]. La mesure de la maille de ce composé donne $a = 11,16$ Å $\pm 0,02$.

Après une douzaine d'heures, on constate le développement de deux autres spectres :

1° celui d'un composé de structure hexagonale compacte, encore inconnu, que nous avons identifié comme étant l'hydroxyde $Ce(OH)_3$ par analogie avec les structures des hydroxydes de lanthane et de praséodyme, éléments encadrant le cérium dans la famille des terres rares. Sa maille a comme paramètres : $a = 6,48$ Å $\pm 0,01$; $c = 3,80$ Å $\pm 0,01$; $c/a = 0,587$;

2° celui du bioxyde CeO_2, cubique à faces centrées ($a = 5,419$ Å $\pm 0,004$) résultant de l'oxydation de Ce_2O_3, et qui apparaît peu de temps après l'hydroxyde.

A mesure que $Ce(OH)_3$ et CeO_2 se développent, le diagramme de Ce_2O_3 perd en intensité, et celui de CeO_2 reste finalement seul bien visible.

Par ailleurs, en exposant à l'humidité une surface de cérium déjà très oxydée à sec, on ne fait apparaître aucune raie supplémentaire qui pourrait traduire la formation d'un composé hydraté dérivant de CeO_2. *L'hydroxyde* $Ce(OH)_3$ *se forme donc à partir du sesquioxyde* Ce_2O_3 *mais non à partir de bioxyde.*

Pour étudier en détail cette influence de la valence sur l'hydratation des oxydes de terres rares, nous avons déterminé aux rayons X par la méthode des poudres, la structure des produits résultant de l'action de l'eau sur divers oxydes de lanthane et de praséodyme purs provenant du laboratoire de M. Trombe. Les diagrammes obtenus confirment nos observations sur les oxydes de cérium.

Le lanthane ne possède que la valence 3 et ne forme qu'un seul oxyde : La_2O_3 qui cristallise dans le système hexagonal ($a = 3,94$ Å $c = 6,15$ Å $c/a = 1,56$). Il fixe l'eau très rapidement, même par simple séjour à l'air atmosphérique. Le produit final de cette action est l'hydroxyde $La(OH)_3$ de structure hexagonale compacte. ($a = 6,50$, $c = 3,852$; $c/a = 0,592$)

Le praséodyme est susceptible de former des peroxydes de composition variable [4]. Pour avoir des résultats comparables à ceux du cérium, nous avons étudié les oxydes Pr_2O_3 et PrO_2.

Pr_2O_3 a été obtenu par réduction de l'oxyde Pr_6O_{11} dans l'hydrogène à 900°C. Sa structure est hexagonale ($a = 3,85$ Å ; $c = 6,00$ Å). Il s'hydrate dans l'air humide en donnant $Pr(OH)_3$, de structure hexagonale compacte. ($a = 6,48$ Å $c = 3,76$; $c/a = 0,580$) [5].

---

(3) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 735.

(4) M. Foëx et J. Loriers, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 220.

(5) Les paramètres des mailles cristallines de $La(OH)_3$ et $Pr(OH)_3$, calculés d'après nos diagrammes, sont très voisins de ceux trouvés par Zachariasen (*Acta Cryst.*, I, 1948.

L'oxyde PrO_2 a été préparé par refroidissement très lent jusqu'à 250° C du nitrate calciné à 650° C ([4]). Le produit obtenu est cubique type fluorine comme CeO_2, avec $a = 5{,}40$ Å. Son comportement est identique à celui de cet oxyde : même par séjour prolongé dans l'eau, il ne se modifie pratiquement pas. La tenue de l'oxyde Pr_6O_{11} (également cubique) est analogue.

Ainsi les oxydes La_2O_3, Ce_2O_3, Pr_2O_3 dérivant du métal à l'état *trivalent*, ont la propriété de fixer l'eau en donnant des hydroxydes de formule $Me(OH)_3$, cristallisant dans le même système hexagonal compact. Au contraire, les produits plus oxydés, dérivant d'une *valence* 4 du métal, ne semblent pas susceptibles de se transformer directement en hydroxydes.

L'hydratation des sesquioxydes se fait avec une augmentation de volume très importante. Ce fait explique l'action corrosive de l'air humide sur le cérium et le lanthane métalliques : il se forme de l'hydroxyde qui, en raison de son volume trop considérable, ne peut adhérer à la pellicule de sesquioxyde, et se détache en provoquant la désagrégation du film protecteur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les morpholones*-3. Note (*) de MM. **Pierre Vièles** et **Jean Séguin**, présentée par M. Marcel Delépine.

Méthode générale de préparation des morpholones-3, description des produits obtenus, passage aux aminoacides.

La morpholone-3, $O\langle{}^{CH_2-CH_2}_{CH_2-CO}\rangle NH$, n'a été décrite que récemment ([1]). Aucun de ses dérivés de substitution au carbone ou à l'azote n'a, semble-t-il été encore signalé.

Cette lactame (F 105°) a été préparée par action de l'éthanolamine sodée sur le chloracétate d'éthyle, conformément à la réaction

$$H_2NCH_2-CH_2ONa + ClCH_2-CO_2C_2H_5 \rightarrow O\langle C_4H_6O\rangle NH + ClNa + C_2H_5OH.$$

En traitant de la même façon l'α-bromopropionate d'éthyle, on obtient la *méthyl-2 morpholone*-3 (F 56°).

La morpholone-3 est soluble dans l'eau, moins dans l'alcool et le dioxane, très peu dans le benzène et l'éther froids. La méthyl-2 morpholone-3 est notablement plus soluble dans ces solvants.

---

p. 265) : $a = 6{,}523$, $c = 3{,}851$ pour $La(OH)_3$ et $a = 6{,}48$, $c = 3{,}77$ pour $Pr(OH)_3$. Par contre, ils diffèrent beaucoup des données de Fricke et Seitze (*Z. anorg. Chem.*, 254, 1947, p. 107) : $a = 6{,}29$, $c = 3{,}55$ et $a = 6{,}28$, $c = 3{,}55$.

(*) Séance du 5 mai 1952.

([1]) R. Leimu et J. I. Janson, *Suomen Kemistilehti*, **18 B** n° **40**, 1945, p. 3; Ref. in *Chem. Abstr.*, 41[1], 1947, p. 769.

Leurs solutions aqueuses précipitent par le réactif iodomercurique, mais non par l'acide picrique. Elles réagissent à chaud sur la soude ou la potasse alcooliques. La morpholone-3 fournit ainsi un précipité (incomplet) microcristallin $C_4H_6O_2NK$, qui donne avec le nitrate d'argent un dérivé argentique insoluble, lequel, traité par l'iodure de méthyle en tube scellé conduit, vraisemblablement, à la N-méthyl morpholone-3, que nous n'avons cependant pas pu identifier avec certitude en raison de sa difficile cristallisation.

Il est facile de passer de ces morpholones aux amino-acides par hydrolyse barytique : *l'acide aminoéthoxyacétique*, $H_2NCH_2-CH_2-O-CH_2-CO_2H$, provenant de la morpholone-3, est bien cristallisé (F 182°), et régénère la morpholone-3 par chauffage prolongé au voisinage de son point de fusion.

PARTIE EXPÉRIMENTALE. — *Préparation de la morpholone-3*. — On dissout 35 g d'éthanolamine dans 100 cm³ de dioxane anhydre, et introduit par petites fractions 11,5 g de sodium, en agitant; on chauffe pour terminer. Quand le sodium a disparu, on introduit goutte à goutte 63 g de monochloracétate d'éthyle, en refroidissant. Cette addition terminée, on chauffe encore 2 h à l'ébullition. On essore le chlorure de sodium, chasse le dioxane, et extrait la morpholone-3 avec du benzène bouillant, d'où elle cristallise en aiguilles incolores que l'on purifie par recristallisation dans l'éther anhydre. Par lavage du chlorure de sodium à l'alcool bouillant, on retire encore une certaine quantité de produit. Rdt. 70 %.

Préparation de la méthyl-2 morpholone-3. — Mode opératoire identique.

Analyses.

	N % trouvé.	N % calculé.
Morpholone-3 ($C_4H_7O_2N$)	14,01	13,82
Méthyl-2 morpholone-3 ($C_5H_9O_2N$)	12,06	12,17
Acide aminoéthoxyacétique ($C_4H_9O_3N$)	11,47	11,75
	K % trouvé.	K % calculé.
Sel potassique de la morpholone-3	27,83	28,05

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des cétones thioféniques.* Note de M. **Joseph Hoch**, présentée par M. Marcel Delépine.

On a déjà décrit un certain nombre de cétones thiofèniques dans lesquelles la fonction acidyl occupe la position 2 et très peu de celles dans lesquelles les positions 2 et 5 sont occupées par deux $-CH_3$ et la position 3 par une fonction acidyl. Aucune acidyl-3 thiofène, sans substituant sur le noyau thiofénique, n'avait encore été signalée à ma connaissance.

M'étant proposé, en collaboration avec Mme Ramart, d'étudier l'absorption dans l'ultraviolet de ces composés, ainsi que celle de leurs dérivés, j'ai tenté et réussi la synthèse d'un certain nombre d'entre eux, la plupart du temps avec d'excellents rendements.

On sait depuis longtemps que le noyau thiofénique se prête à la réaction de Friedel et Crafts et que l'on obtient ainsi exclusivement des acidyl-2 thiofènes avec des résultats souvent médiocres. Ceci est dû au fait que sous l'action du Cl_3Al une partie du thiofène se polymérise. On évite cet inconvénient quand on remplace la Cl_3Al par Cl_4Sn.

En suivant exactement la méthode indiquée par *Synthèses Organiques* (t. 2, p. 10) pour la préparation de l'acéto-2 thiénone, j'ai fait agir sur le thiofène, en présence de Cl_4Sn, les chlorures des acides isobutyrique et triméthylacétique.

J'ai obtenu ainsi : l'isobutyro-2 thiénone (I) $É_{18}$ 115-117° (Rdt 77 %) Oxime F 99-100° S-carbazone F 150° Phénylhydrazone $É_{20}$ 210-213° et la triméthylacéto-2 thiénone (II) $É_{16}$ 115-116° (Rdt = 62 %) Oxime F 143° S-carbazone F 132-133° Phénylhydrazone $É_{15}$ 206-207°.

En faisant agir les chlorures d'acides, dans les mêmes conditions que plus haut, sur le diméthyl-2,5 thiofène, c'est-à-dire sur un carbure où les deux positions au voisinage du S sont occupées, j'ai constaté que la réaction se faisait quand même et que la fonction acidyl entrait en position 3 avec des rendements tout à fait comparables à ceux obtenus avec le thiofène non substitué.

J'ai obtenu ainsi : la diméthyl-2,5 acéto-3 thiénone (III) $É_{15}$ 114-115" (Rdt 70 %) Oxime F 83° S-carbazone F 215° Phénylhydrazone F 70°, la diméthyl-2,5 isobutyro-3 thiénone (IV) $É_{15}$ 126-127° (Rdt 88 %) Oxime F 97° S-carbazone F 109°, et la diméthyl-2,5 triméthylacéto-3 thiénone (V) $É_{15}$ 129-130° (Rdt 56 %) Oxime F 146° S-carbazone F 177-178° Phénylhydrazone $É_{25}$ 219-220°.

S CO.R
I. II.

CO.R H$_3$C S CH$_3$
III. IV. V.

CO.R S
VI. VII.

I R = $-CH(CH_3)_2$,
II R = $-C(CH_3)_3$,
III R = 6 CH_3,
IV R = $-CH(CH_3)_2$,
V R = $-C(CH_3)_3$,
VI R = $-C_2H_5$,
VII R = $-C(CH_3)_3$.

Pour réaliser la synthèse des cétones VI et VII, je suis parti du bromo-3 thiofène obtenu d'après Steinkopf [1] à partir du tribromo-2, 3, 5 thiofène. Entraîné par 3 mol de bromure d'éthyle, ce bromure donne un organomagnésien. En faisant agir ce mélange de réactifs sur 4 mol de propionitrile et en décomposant les produits de cette réaction, après 4 h de chauffage au reflux, sur de la glace acidulée, j'ai pu isoler après le traitement habituel, une fraction neutre $É_{25}$ 110-120°. Celle-ci traitée par un excès de semicarbazide fournit la semi-carbazone F 195-196° de la cétone cherchée

(1) Steinkopf, Jakob et Penz, *Ann. Chem.*, 512, 1934, p. 136.

La propio-3 thiénone régénérée de sa semi-carbazone bout à $É_{23}$ 112-114° Oxime F 67-68°.

Pour obtenir la cétone VII, j'ai fait agir le même mélange d'organomagnésiens sur 4 mol de nitrile pivalique en milieu toluénique et chauffé le tout à 80-90° pendant 4 h. Après décomposition sur glace et chlorure d'ammonium, la couche toluénique a été extraite par ClH dilué et glacé. A la suite des traitements habituels, j'ai pu isoler la cétimine brute $É_{15}$ 118-125° (Rdt 20 % environ) qui, décomposée à chaud par ClH à 15 % environ fournit la triméthylacéto-3 thiénone pure $É_{23}$ 118-119° Oxime F 143° S-carbazone F 139-140°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la fluoration du thiophène.*

Note de M. **Jean Neudorffer**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons montré dans deux Notes précédentes (1) et (2) qu'en faisant agir le fluor, dilué dans l'azote, sur le thiophène à + 90°, les produits gazeux formés sont constitués par de l'hexafluorure de soufre et par un mélange des quatre fluorures de carbone saturés allant de CF_4 à C_4F_{10}.

Au cours de ces réactions apparaissent également de petites quantités de composés liquides. On les recueille, après élimination des gaz, par distillation sous basse pression. Ils se séparent spontanément en deux couches distinctes. La phase supérieure, de très faible volume, est constituée par du thiophène inattaqué.

La couche inférieure, plus abondante, a été privée du thiophène dissous après cristallisation et filtration à — 80°, puis soumise à la distillation dans un microappareil. Nous avons ainsi séparé trois fractions ne contenant pas de soufre.

La première est la plus abondante (2,3 cm³). Tous les échantillons obtenus au cours d'essais de fractionnement sous diverses pressions ont des points de fusion et d'ébullition constants. Les caractères physiques sont les suivants : F — 93°; É + 18°,4; d_4^0 1,72.

Poids moléculaire : 232 à + 30°, 212 à + 90° (méthode de Dumas).

L'analyse, effectuée par la méthode que nous avons décrite (3) indique une teneur en fluor de 75,8 %. Ce produit est transparent dans l'infrarouge proche, ce qui montre l'absence du groupement C—H. D'autre part,

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1070.

(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2102.

(3) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 750.

il ne fixe pas le brome, même à 100°. Ces divers résultats montrent qu'il s'agit d'un carbure fluoré de formule brute $(CF_2)_4$ et probablement cyclique. Ses constantes physiques sont différentes de celles des composés de même formule qui ont été décrits sous le nom de perfluorocyclobutane et de perfluorométhylcyclopropane [4].

Les mêmes déterminations analytiques et physiques, effectuées sur les deux autres fractions des produits liquides conduisent à admettre la présence d'un autre carbure fluoré que nous n'avons pas pu isoler à l'état de pureté, mais qui doit répondre à la formule $(CF_2)_8$.

Ces premiers résultats, joints à l'étude des produits gazeux, permettent d'élucider le mode d'attaque de la molécule de thiophène par le fluor.

Nous avons, en effet, effectué diverses expériences en faisant varier la concentration relative du fluor, dilué au demi dans l'azote, vis-à-vis de celle en thiophène. On constate que, dans tous les cas, la quantité d'hexafluorure de soufre obtenue est très voisine de la quantité théorique correspondant à la transformation totale du soufre du thiophène. Ceci montre que ce métalloïde est arraché de l'hétérocycle.

D'autre part, dans les produits de la réaction, nous n'avons pas pu mettre en évidence de dérivé fluoré du noyau, ni de composé possédant les chaînes C—S—C ou C—S. Par suite, la formation d'un perfluorure, ou la rupture du cycle au niveau des doubles liaisons, paraissent peu probables, dans les conditions opératoires utilisées.

Enfin, la quantité des composés liquides du type $(CF_2)_n$ est maximum pour la concentration de 9 molécules de fluor pour une de thiophène, qui est celle correspondant à la rupture théorique de l'hétérocycle au niveau de l'atome de soufre pour donner F_6S et 1 molécule de $(CF_2)_4$. Il se forme, à partir de la chaîne carbonée en C_4 libérée, environ 40 % de composés fluorés liquides et 60 % de fluorures de carbone gazeux.

En conclusion, on peut admettre que le mode d'attaque de la molécule de thiophène en phase gazeuse, par le fluor, est le suivant :

1° Arrachement de l'atome de soufre qui passe à l'état d'hexafluorure de soufre;

2° Fluoration de la chaîne carbonée restante, ce qui conduit, d'une part à des dérivés liquides, dont l'un est $(CF_2)_4$ et, d'autre part, à des fluorures de carbone saturés gazeux allant de CF_4 à C_4F_{10}.

---

(4) PARK et coll., *Ind. eng. Chem.*, 39, 1947, p. 354.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la fonction silane-thiol et la préparation des thiosilicones.* Note de MM. **Georges Champetier, Yves Étienne et Robert Kullmann**, présentée par M. Louis Hackspill.

Préparation du triméthyl-silane-thiol $(CH_3)_3Si—SH$, de l'hexaéthyl-disilthiane $(C_2H_5)_3Si—S—Si(C_2H_5)_3$ et du tétra-éthyl-cyclo-disilthiane $(C_2H_5)_2Si\langle{}^{S}_{S}\rangle Si(C_2H_5)_2$ à partir des halogéno-alcoyl-silanes et des sulfhydrates métalliques ou de l'acide sulfhydrique.

C. Eaborn (¹) a récemment obtenu des hexa-alcoyl-disilthianes $R_3Si—S—SiR_3$ en condensant les dérivées iodés R_3SiI avec le sulfure d'argent. E. Larsson et R. Marin (²) ont préparé des silane-thiols par action de l'hydrogène sulfuré sur les trialcoyl-amino-silanes.

Au cours de recherches sur la préparation des thiosilicones, nous avons été conduits également à étudier la formation de la fonction silane-thiol par des procédés différents de ceux employés par les auteurs précédents.

1° *Fonction silane-thiol.* — C. Friedel et A. Ladenburg (³) ont obtenu, pour la première fois, un composé minéral $Cl_3Si—SH$ renfermant cette fonction en chauffant vers 600° un mélange de tétrachlorure de silicium et d'hydrogène sulfuré. Cette méthode n'étant pas applicable aux dérivés organohalogénés du silicium, nous avons eu recours à la réaction de divers sulfhydrates métalliques (Mg, K, Na, Li et NH_4) sur les halogéno-alcoyl-silanes pour lier des radicaux organiques à la fonction silane-thiol.

Les *halogénures de sulfhydryl-magnésium* $(SH)_2Mg.MgX_2$, obtenus par action de l'hydrogène sulfuré sur les organomagnésiens de Grignard, réagissent sur les triéthyl-halogéno-silanes $(C_2H_5)_3SiY$ en donnant le triéthyl-halogéno-silane $(C_2H_5)_3SiX$, lorsque l'halogène Y se classe avant l'halogène X dans la suite F, Cl, Br, I, et de l'hexaéthyl-disilthiane $(C_2H_5)_3Si—S—Si(C_2H_5)_3$ par les réactions suivantes :

1° $$2(C_2H_5)_3SiY + MgX_2 \rightarrow 2(C_2H_5)_3SiX + MgY_2,$$

2° $$\left.\begin{array}{r}2(C_2H_5)_3SiX \\ \text{ou } 2(C_2H_5)_3SiY\end{array}\right\} + Mg(SH)_2 \rightarrow 2(C_2H_5)_3Si—SH + \left\{\begin{array}{l}MgX_2, \\ MgY_2,\end{array}\right.$$

3° $$2(C_2H_5)_3Si—SH \rightarrow (C_2H_5)_3Si—S—Si(C_2H_5)_3 + H_2S.$$

La réaction 3 paraît être favorisée par la présence de sels de magnésium.

L'existence de la réaction 1 est confirmée par l'action du bromure de magnésium en solution dans l'éther sur le triéthylfluorosilane qui conduit au

---

(¹) *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 3077.
(²) *Acta chem. Scand.*, 5, 1951, p. 964.
(³) *Ann. Chim. Phys.*, 27, 1872, p. 416.

triéthylbromosilane avec un rendement d'environ 50 % et par la réaction de cette même solution sur le chlorure de silicium qui donne des chlorobromures de silicium.

Parmi les *sulfhydrates alcalins*, c'est le sulfhydrate de lithium qui permet le plus aisément d'obtenir des alcoylsilane-thiols. Ce sulfhydrate a été préparé, par une méthode nouvelle, en saturant d'acide sulfhydrique une solution d'organolithien dans un hydrocarbure (éther de pétrole, benzène, toluène, xylène). Il nous a permis notamment d'obtenir avec un rendement de 48 %, le *triméthyl-silane-thiol* $(CH_3)_3Si—SH$.

Une suspension de 0,75 mol de sulfhydrate de lithium dans 500 cm³ de toluène anhydre est agitée pendant 48 heures à la température ordinaire avec 0,5 mol de triméthyl-chlorosilane. La solution est siphonnée, sous atmosphère d'azote sec, au travers d'un filtre plongeur dans un appareil à distiller. Par fractionnement, on sépare le triméthylsilanethiol E_{760} 77-78° (corr.) et une petite quantité d'hexaméthyldisilthiane $(CH_3)_3Si—S—Si(CH_3)_3$, E_{760} 163-164° (corr.)

2° *Liaison sil-thiane.* — Un procédé commode pour réaliser ce type de liaison avec des radicaux organiques consiste à faire réagir l'acide sulfhydrique sur les alcoyl-halogéno-silanes en présence de pyridine. Ainsi, à partir du triéthylchlorosilane, on obtient l'hexaéthyldisilthiane E_{760} 277-279° avec un rendement de 89 %.

$$2(C_2H_5)_3SiCl + H_2S + 2C_6H_5N \rightarrow (C_2H_5)_3Si—S—Si(C_2H_5)_3 + 2C_6H_5N.HCl$$

Toutefois, la réaction n'a pas lieu avec le triéthylfluorosilane. Le diéthyl-dichlorosilane conduit au *tétraéthylcyclo-disilthiane*.

$$2(C_2H_5)_2SiCl_2 + 2H_2S + 4C_6H_5N \rightarrow \begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix}\!\!>Si\!\!<\!\!\begin{matrix}S\\S\end{matrix}\!\!>\!Si\!\!<\!\!\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix} + 4C_6H_5N.HCl.$$

avec un rendement de 78 %.

0,1 mol de diéthyl-dichloro-silane et 0,22 mol de pyridine dissoutes dans 150 cm³ d'éther de pétrole sont soumises, à la température ordinaire, à l'action d'un courant d'hydrogène sulfuré sec. Le chlorhydrate de pyridine précipite; il est séparé par filtration, puis la solution est fractionnée par distillation sous pression réduite d'azote. On isole ainsi le tétraéthyl-cyclo-disilthiane E_{46} 160-162° (corr.); F 20°,1; soufre %, trouvé 26,8; calculé 27,1; masse moléculaire (cryométrie dans le benzène); trouvé 242, calculé 236.

Le tétraéthyl-cyclo-disilthiane est à notre connaissance le premier exemple d'une thiosilicone. On y retrouve le cycle disilthiane constituant le motif du sulfure de silicium, composé macromoléculaire.

$$>Si\!\!<\!\!\begin{matrix}S\\S\end{matrix}\!\!>\!Si\!\!<\!\!\begin{matrix}S\\S\end{matrix}\!\!>\!Si\!\!<\!\!\begin{matrix}S\\S\end{matrix}\!\!>\!Si\!<$$

MINÉRALOGIE. — *Formation de covelline et de digénite par compression de poudres et diffusion du cuivre.* Note de M. **Roger Mole**, présentée par **M. Charles Mauguin.**

Par compression d'une pastille de cuivre avec du soufre on obtient de la covelline : par compression d'une pastille de cuivre avec de la covelline on obtient de la digénite.

On part du cuivre électrolytique que l'on a réduit dans l'hydrogène à 300° et l'on en fait une pastille. Dans une première série d'expériences, l'on comprime la pastille de cuivre avec du soufre finement pulvérisé. On a donc au contact, initialement, une pastille de cuivre et une pastille de soufre, que l'on soumet aux conditions de pression statique et de température données ci-dessous :

Température.	Pression kg/cm².	Durée.	Produit obtenu.	Épaisseur de la couche.
150°............	14.000	4 jours	covelline	0,3 mm
140°............	14.000	24 heures	»	0,2 mm

Au contact de la pastille de cuivre se forme une couche de sulfure qui se sépare très aisément du cuivre en laissant une surface lisse, tandis que du côté soufre le contact est irrégulier.

Le cuivre a diffusé dans le soufre pour former de la covelline CuS identifiée au moyen des rayons X.

Dans une seconde série d'expériences la pastille de cuivre est comprimée avec de la poudre de covelline naturelle. On opère la compression à des températures allant de 150 à 250°. Il se forme, au contact des pastilles, de la digénite Cu_9S_5 de paramètre $a_0 = 5,60$ Å, aux dépens de la covelline CuS.

Température.	Pression.	Durée.	Produit obtenu.	Épaisseur.
Température ordinaire....	14 000	48 h	–	n'a pas réagi
150°....................	10 000	24 h	Cu_9S_5	0,1 mm
190°....................	14 000	24 h	Cu_9S_5	0,3 mm
250°....................	10 000	24 h + 24 h à froid	Cu_9S_5	0,3 mm

Ces résultats manifestent la diffussion du cuivre et soulignent son aptitude à former des phases sulfurées par migration de ses atomes.

GÉOLOGIE. — *Différenciations longitudinales dans le géosynclinal alpin.* Note de M. **André Amstutz**, présentée par M. Paul Fourmarier.

Les Alpes comprises entre le Mont-Rose et les Grisons sont considérées depuis longtemps comme une grande culmination longitudinale des six nappes penniques que l'on a invoquées pour l'explication tectonique des

Alpes occidentales; cette culmination étant attribuée à un môle-obstacle Aar-Gothard, et l'épaisseur des nappes enlevée là par l'érosion étant estimée par ce genre d'explication à 20 ou 25 km.

Des raisons connexes de celles que j'ai envisagées dans ma Note du 5 mai dernier me font cependant penser que la structure de cette zone est en réalité d'une tout autre nature. Elles m'amènent aussi à penser que si cette structure diffère considérablement de celles des zones penniques qui s'étendent plus à l'Ouest et plus à l'Est, c'est que des différences importantes ont dû se produire dans la sédimentation et consécutivement dans la maturation des segments correspondants du géosynclinal alpin, engendrant naturellement des décalages et de grandes variations dans leur tectogénèse et leur orogénèse s. str. Voyons donc ici, dans la mesure où un espace très limité permet de le faire, quelques traits essentiels de l'embryotectonique qui a vraisemblablement eu lieu dans cette zone dite de culmination longitudinale, ou plutôt dans le segment approximativement compris entre une ligne Borgosesia-Thoune et une ligne symétrique Chiavenna-Glaris.

1. Dans ce segment, les effets de la première phase tectogène ne paraissent pas avoir été très différents de ceux des segments valaisan-valdotain et grison. Il semble, en effet, qu'ici les éléments méridoniaux du géanticlinal briançonnais (zone Saint-Bernard + masses connexes simplo-tessinoises) se sont aussi déversés au Sud lors des premières subductions et contractions tangentielles du géosynclinal alpin; et il semble même que, par dessus la zone Mont-Rose qui paraît avoir été ici beaucoup plus étroite qu'à l'Ouest, ces éléments ont atteint le bord septentrional du géanticlinal sudpennique, recouvrant là les gneiss $g\gamma$ de la carte italienne.

Mais une seconde phase tectogène paraît avoir eu ici des effets tout différents de ceux des segments contigus. Tandis que là ce sont des subductions en sens inverse des premières, et consécutivement des déversements de masses sudpenniques vers le Nord, qui prédominent durant cette phase; ici, en plus des subductions et déversements de ce genre dont résultent les nappes simploniques, les mouvements de cette seconde phase ont vraisemblablement engendré un enfoncement (engloutissement, succion) et un serrage concomitant de la zone Mont-Rose, cœur du géosynclinal alpin. Partant, ceci a naturellement dû reprendre, ennoyer et coincer en profondeur une partie des éléments briançonnais qui recouvraient cette zone Mont-Rose. D'où, cette disposition en V qui ressort de certaines coupes transversales de cette zone, si l'on se permet de modifier quelque peu les vues classiques et si l'on se dit que dans l'Ossola la zone dite des racines est en réalité une zone de front de nappes.

2. Les sédiments mésozoïques de la zone Ossola-Tessin paraissent être,

compte tenu des superficies, notablement moins abondants que ceux des zones penniques contiguës. Faut-il donc, pour s'expliquer ceci, songer à l'érosion de 20 ou 25 km de nappes méthodiquement empilées les unes sur les autres, c'est-à-dire à une érosion extraordinairement intense, beaucoup plus forte que partout ailleurs dans les Alpes occidentales; ou n'est-il pas plus raisonnable de voir tout simplement là un remplissage moindre du géosynclinal alpin ? Et n'est-il pas également raisonnable d'attribuer les raisons initiales de ceci à des particularités morphologiques hercyniennes telles que, par exemple, une différence d'épaisseur (ou de variations d'épaisseur) du socle de ces divers segments, et de ce fait une différence d'intensité des courants subcrustaux dirigés vers l'avant-pays; ou par exemple des conditions topographiques de l'avant-pays créant de grandes différences en alimentation détritique fluviatile de ces divers segments, et de ce fait une différence importante de la subsidence ?

En tout cas, qu'il se soit agi de l'une ou de l'autre de ces causes possibles, ou de la coexistence de telles particularités morphologiques du socle hercynien (qui devait bien contenir en germe des variations latérales quant aux conditions et facteurs de développement du géosynclinal alpin), cette différence plus que probable dans les sédimentations implique évidemment des jeux différents de courants subcrustaux (dont les possibilités et les probabilités pour ce cas-ci feront l'objet d'une prochaine Note) et naturellement elle rend compréhensibles et normales les différences de tectogénèse envisagées dans le paragraphe précédent.

Elle fait aussi comprendre, par un enchaînement bien simple, que la maturation et la surrection du segment Ossola-Tessin ont dû se faire postérieurement à celles des segments contigus, et partant, que les grands plis transversaux d'Antronapiana, du Splugen et de S. Bernardino-Mesocco-Forcola [1] ne sont vraisemblablement que des conséquences du grand décalage de ces surrections. Beaucoup de choses, en effet, ne s'expliquent guère lorsqu'on imagine là des synclinaux séparateurs pour des nappes Mont-Rose, Adula et Tambo qui, c'est bien certain, ont toujours été beaucoup plus imaginaires que démontrées. Tandis que ces mêmes choses deviennent, au contraire, aisément compréhensibles si l'on envisage ces zones mésozoïques comme des accidents transversaux convergeant les uns vers les autres et s'éteignant au Nord et au Sud, et si l'on se dit que ceux-ci résultent tout simplement de débordements latéraux des segments valaisan et grison lors de leur soulèvement; un basculage de ces débordements ou déversements s'étant naturellement fait ensuite, lors de la surrection du « synclinorium transversal Ossola-Tessin » ainsi formé.

---

(1) *Op. cit.*, 1950, p. 232 et 1951, p. 323.

GÉOLOGIE. — *Observations géologiques aux confins algéro-fezzanais* (Tihemboka). Note de MM. **Charles Domergue** et **Roger Muller-Feuga**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La région étudiée ici s'étend sur la limite occidentale du Fezzan entre Ghat et l'oued Amsralad. Du Sud au Nord, on peut décrire les terrains de la manière suivante :

1. Entre Ghat et l'oued Oubarracat, on reconnaît successivement : le Silurien inférieur (grès), le Gothlandien (schistes à Graptolites, puis grès à *Harlania*), le Dévonien (grès azoïques) et le Dinantien aux faciès marin et continental (grès et argiles à la base; calcaires, argiles et grès au sommet). L'ensemble forme une série faiblement inclinée à l'Est (¹).

2. Plus au Nord, la série est de plus en plus incomplète. Vers l'oued Amsralad, les schistes gothlandiens sont recouverts en discordance par des couches de grès ferrugineux et d'argiles néritiques dont la faune, déterminée par Mgr Delépine, est identique à celle du Tournaisien de Tournai (mêmes espèces, mêmes tailles, mêmes détails d'ornementation). De plus, un accident d'allure monoclinale et de direction S-N, existe dans cette région. Il provoque un redoublement de la série gothlandienne, alors que la couverture dinantienne semble simplement plissée.

3. Plus à l'Ouest, vers Tarat et le Tihemboka, affleure le Gothlandien schisteux à Graptolites (*Monograptus* et *Diplograptus*). Les plateaux qui s'étendent vers l'Ouest sont formés de Gothlandien gréseux à *Harlania*. De même vers l'Est, et au Sud du Tihemboka, affleurent des grès que le faciès permet d'attribuer également aux grès gothlandiens. Au Nord du Tihemboka, la série est redoublée à cause d'un nouvel accident d'allure monoclinale, mais de direction WNW-ESE, souligné par une série de points d'eau à caractères artésiens prononcés.

On note donc la présence de deux fractures orthogonales qui intéressent les terrains gothlandiens. Nous admettons qu'elles ont été provoquées par le relèvement antédinantien des panneaux de l'Est et du Nord. La couverture dinantienne, qui est discordante, ne semble pas faillée, mais seulement plissée le long du tracé exact de la fracture S-N. On pense à un rejeu posthume de la fracture antédinantienne dans des temps post-carbonifères, mais le mouvement, cette fois-ci, abaissa le panneau oriental. Le plissement des couches tournaisiennes est à rapprocher des structures anticlinales observées par A. F. de Lapparent (²) à Tan Hieddan et, plus

---

(¹) R. Muller-Feuga, *Contribution à l'étude de la géologie, de la pétrographie et des ressources hydrauliques et minérales du Fezzan* (*Thèse*, Nancy, 1952).

(²) A. F. de Lapparent, *Ann. Soc. géol. Nord*, 69, 1949, p. 86 à 94.

particulièrement, dans l'Edjelé Tan In Azaoua. Les couches affectées y sont moins anciennes; elles ont livré une faune moscovienne.

En résumé, il faut retenir les trois points suivants :

1° Sur les confins algéro-fezzanais, l'enceinte tassilienne se présente sous la forme de deux panneaux faiblement inclinés; le plus septentrional vers le Nord, le plus oriental vers l'Est;

2° Ces deux panneaux sont séparés par une zone de fractures qui sont post-gothlandiennes et antédinantiennes;

3° Au Nord du Tihemboka, il y a lacune stratigraphique des grès gothlandiens à *Harlania* et du Dévonien;

4° La faune tournaisienne présente une identité frappante avec celle de Tournai. Ceci évoque des liaisons paléogéographiques, à cette époque, entre les mers épicontinentales du Fezzan et celles du Nord-Ouest de l'Europe.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Confirmation expérimentale d'un mécanisme d'inversion de l'aimantation thermorémanente.* Note de M. **Louis Néel**, présentée par M. Charles Maurain.

L'auteur avait prédit que, sous certaines conditions, des substances ferromagnétiques complexes pouvaient acquérir une aimantation permanente dirigée en sens inverse du champ. Nagata vient de découvrir au Japon des laves possédant cette propriété dont l'interprétation paraît bien celle de la théorie proposée. L'inversion de l'aimantation des laves n'est donc pas forcément due à une inversion du champ terrestre.

Nous avons montré théoriquement, au début de 1951 (1), qu'un échantillon ferromagnétique de composition convenable était susceptible d'acquérir, au cours du refroidissement à partir du point de Curie, une aimantation thermorémanente (en abrégé A. T. R.) dirigée en sens inverse du champ appliqué H (2). Il faut pour cela que l'échantillon soit composé de petits amas ferromagnétiques, répartis dans une matrice non magnétique et contenant chacun deux constituants ferromagnétiques à points de Curie assez différents. Dans les amas, chacun des constituants doit être dispersé en grains fins dont la forme extérieure doit s'écarter de la symétrie sphérique. De cette manière, le constituant B, à point de Curie le plus bas, s'aimante en sens inverse de H, sous l'influence du champ démagnétisant créé par l'autre constituant A : si cette aimantation est assez intense, l'aimantation résultante peut elle-même se diriger en sens inverse de H.

---

(1) *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 11 S; *Ann. Géophys.*, 7, 1951, p. 90.

(2) En ce qui concerne l'aimantation thermorémanente, *cf.* E. Thellier, *Ann. Inst. Phys. Globe*, 16, 1938, p. 157 et aussi T. Nagata [réf. (5)].

Or, tout récemment, T. Nagata a découvert ([3]), dans les laves du Mont Haruna, au Japon, des échantillons qui prenaient au laboratoire une telle A. T. R. inverse. Les caractères du phénomène qu'il a observé cadrent bien avec les prédictions de la théorie. En ce qui concerne d'abord la composition, les échantillons contiennent effectivement deux phases ferromagnétiques A et B dont les points de Curie sont ([4]) au voisinage de 550° C et 350° C. D'autre part, Nagata a observé que, pour obtenir une A. T. R. inverse, il était nécessaire de faire agir le champ au cours du refroidissement entre 450° C et 250° C. Si le champ n'agit que jusqu'à 450° C, puis est supprimé, l'A. T. R. est normale. Cela s'explique aisément : l'intervalle de température au cours duquel H a agi n'est pas suffisant pour que le constituant prenne une A. T. R. assez grande pour créer un champ démagnétisant dépassant H en valeur absolue. Le constituant B s'aimante alors dans le sens de H. De même, si le champ, d'abord nul, n'est appliqué qu'à un moment où la température est descendue au-dessous de 250° C, seul alors le constituant B est susceptible d'acquérir une A. T. R. qui possède nécessairement le sens normal. Enfin, Nagata a observé que, pour obtenir une A. T. R. inverse, il fallait que le champ excitateur H ne dépasse pas 7 Oe environ. L'existence de cette limite résulte de la théorie précitée : on y montre en effet que pour obtenir une A. T. R. inverse, il faut que la susceptibilité thermorémanente de A (A. T. R. prise à la température ordinaire divisée par le champ excitateur) soit supérieure à une certaine valeur critique dépendant de la forme des grains ferromagnétiques et de leur concentration dans l'amas. En utilisant des données numériques relatives à des laves étudiées autrefois par Nagata ([5]), nous avons montré ([1]) qu'en mettant les choses au mieux cette susceptibilité ne pouvait guère dépasser deux fois la valeur critique. Or, il résulte du même travail [réf. ([5]), p. 90 et 91] que la susceptibilité thermorémanente des laves est divisée par deux ou trois quand le champ passe de 0 à 10 Oe : la valeur critique est ainsi franchie aux environs de 10 Oe, d'où disparition de l'A. T. R. inverse, conformément à l'expérience.

D'après ces résultats, il est possible que, tout au moins dans certains cas, les grands changements de direction du champ terrestre dans le passé, déduits de l'étude de l'aimantation permanente des laves et des roches, soient attribuables à des propriétés intrinsèques de ces substances et non pas à de réelles variations du champ terrestre. Si cette hypothèse est exacte et si le champ terrestre a conservé en gros sa direction actuelle, les « champs inverses » devraient correspondre à un changement de signe de l'inclinaison

---

([3]) *Nature* (London), **169**, 1952, p. 704.

([4]) T. Nagata, Communication personnelle.

([5]) *Bull. Earthquake Res. Inst.*, **21**, 1943, p. 1.

et à une variation de 180° de la déclinaison. Or, nous avons toujours été frappés, en dépouillant les données publiées, de trouver tant d'inclinaisons très voisines des valeurs actuelles, mais changées de signe. Un bel exemple de cette particularité ressort des mesures de J. Hospers [6] sur des échantillons de laves de l'Akureyri, en Islande, prélevés sur des coulées superposées sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur dans le canyon de Merkjárgil et datant de la fin du tertiaire à l'époque moderne. Ces laves indiquent des directions du champ terrestre qui sont en gros celle du champ actuel, à l'exception d'une série de couches intermédiaires, d'âge probable compris entre −30 000 et −5 000 ans, pour lesquelles il y a presque exactement inversion. On trouve en effet pour ces dernières couches S 1° W pour la déclinaison et −70° pour l'inclinaison, tandis que les couches situées au-dessous ou au-dessus donnent respectivement N 27° W ou N 15° E pour la déclinaison et + 72° ou 78° pour l'inclinaison. Les valeurs actuelles sont N 24° W et + 77°. A l'amplitude près des variations séculaires, il y a eu inversion. Cette inversion doit être liée à des modifications dans le temps de la structure physique ou chimique de ces laves.

Si l'on admet que le champ terrestre a subi de réelles et profondes modifications, ces inversions sont difficiles à interpréter : on s'attendrait plutôt à un changement graduel de direction qu'à une inversion. Ces inversions apportent donc un puissant argument en faveur de la stabilité moyenne du champ terrestre au voisinage de la direction actuelle, au cours des âges géologiques, en accord avec les résultats de l'étude magnétique des roches sédimentaires [7].

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur le mode d'action des épis utilisés pour la protection des côtes contre l'érosion marine*. Note de M. **André Rivière**, transmise par M. Pierre Pruvost.

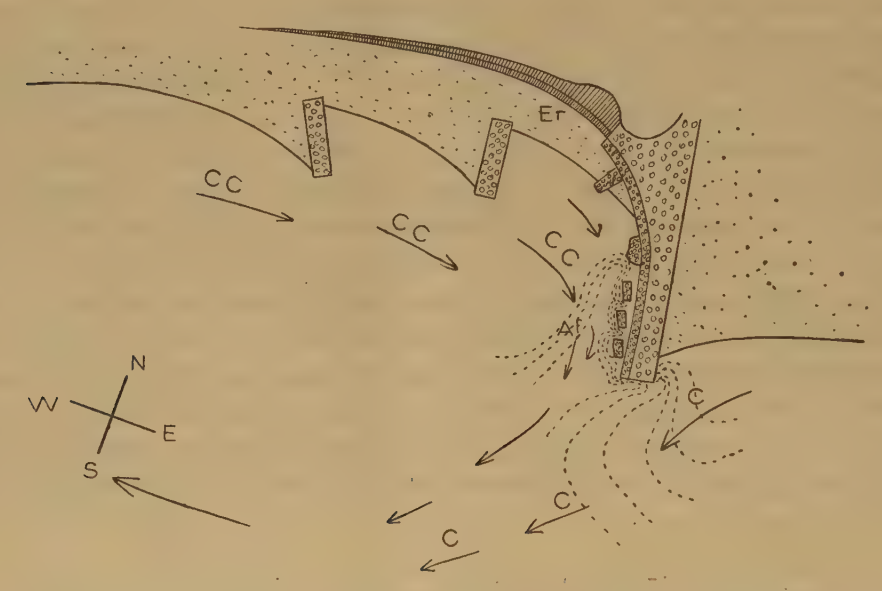
Des observations en nature montrent que l'absence de dépôts et les phénomènes d'érosion dans la zone aval de l'épi (pourtant relativement protégée de l'agitation des vagues) peuvent s'cxpliquer, au moins dans certain cas, par la présence d'un contre-courant peut-être dû pour une part à l'obliquité des lames réfractées au musoir de l'ouvrage. Conséquences pratiques.

L'action des épis perpendiculaires au rivage fréquemment utilisés pour la protection des côtes, est généralement caractérisée par un engraissement marqué de la zone opposée au sens des transits littoraux dominants (lesquels résultent généralement de l'action des courants de vagues) et par l'absence de dépôt du côté opposé (côté *sous le vent*). L'engraisse-

(6) *Nature* (London), 168, 1951, p. 1111.

(7) O. W. Torreson, T. Murphy et J. W. Graham, *J. Geophys. Res.*, 54, 1949, p. 111.

ment de la face *au vent* s'explique classiquement par un effet d'arrêt de la propagation des sédiments. L'absence de dépôts sur le côté opposé de l'épi ne semble guère avoir attiré l'attention bien que contraire au fait, très général, du remblaiement des zones partiellement abritées. L'évolution de la côte Nord du Golfe de Saint-Tropez, dans la zone protégée par les épis construits en 1951, à l'Ouest de Sabi Pass, permet de dégager le mécanisme du phénomène dans un cas particulier. Les observations ont été faites après plusieurs jours de tempête du Sud-Est (figure). Les épis



Côte Nord du Golfe de Saint-Tropez près de Subi-Pass, par mer basse (beau temps).

C, courant littoral par vent de S-E; cc, contre-courant; Af, zone d'affouillement; Er, talus d'érosion (par tempête).

principaux sont fortement remblayés sur leur face orientale, tandis que le côté Ouest, non seulement ne présente aucun apport, mais est même, pour certains d'entre eux, marqué par des affouillements accentués et par un recul de la côte particulièrement sensible au voisinage immédiat de l'enracinement des ouvrages. L'examen des fonds révèle que les sédiments entraînés par la dérive Est-Ouest ont débordé l'épi en direction Sud-Ouest-Sud-Sud-Ouest sous forme d'une large flèche aplatie, séparée du musoir par une zone d'affouillement étroite rejoignant celle du bord ouest de l'épi. De plus, les épis secondaires de dimensions réduites construits entre les épis principaux, sont remblayés sur leur face ouest, c'est-à-dire à contre-sens des épis principaux. Ces observations entraînent les conclusions suivantes :

1° La déformation des isobathes consécutive au remblayage des faces

Est des épis principaux tend à écarter du rivage le courant littoral résultant de l'obliquité des vagues ainsi que les sédiments qu'il entraîne, favorisant leur dispersion et privant la région sous le vent d'une part importante des apports qu'elle devrait normalement recevoir.

2° L'existence de ce courant paraît induire, à l'Ouest de l'épi, un contre-courant (peut-être accru de celui qui peut résulter de l'obliquité des vagues réfractées au musoir de l'ouvrage) dont la réalité et le sens sont prouvés par les affouillements au pied du flanc Ouest de l'épi et plus encore par le remblayage des épis secondaires à contre-sens des épis principaux. En retenant le sable entraîné par le contre-courant, les épis secondaires semblent d'ailleurs favoriser les affouillements au pied de l'ouvrage principal et l'attaque de la côte à son enracinement.

Les phénomènes ne sont pas toujours aussi schématiques, mais l'existence de contre-courants de tracé variable avec le plan d'implantation des ouvrages est probablement générale. Elle donne une explication cohérente de l'action parfois néfaste des épis de protection lorsque l'alimentation sédimentaire de la côte est faible ou lorsque des phénomènes d'affouillement naturels (résultant, par exemple, de tempêtes exceptionnelles) ou artificiels (dragages) ont abaissé les fonds au-dessous des profils d'équilibre correspondant aux conditions océanographiques moyennes (ce qui est le cas sur la côte Nord du Golfe de Saint-Tropez). En pareil cas, les épis hollandais surbaissés ou les épis perméables à massif frontal que l'on pourrait appeler « épis Jullien » du nom de l'ingénieur qui les a réalisés à Faraman et dont j'ai précédemment étudié l'action en collaboration avec d'autres auteurs [1] auraient des chances d'être plus efficaces, non seulement parce qu'ils limitent la dispersion [1], mais aussi parce qu'ils ne permettent pas l'établissement de contre-courants défavorables.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur quelques Vertébrés fossiles de la cuvette congolaise.* Note de M. **Pierre de Saint-Seine**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans le Congo Belge central, les argilites bitumineuses, qui couvrent de vastes espaces dans la région de Stanleyville-Ponthierville, font partie de l'étage inférieur, dit de Stanleyville, de la Série du Lualaba [1], [2]. Caractérisé jusqu'à ce jour par de rares poissons de détermination dou-

---

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 319.

(1) G. Passau, *Ann. soc. géol. Belgique Publ. Congo belge*, 1923, p. c 91-c 243.

(2) L. Cahen, A. Jamotte, J. Lepersonne et G. Mortelmans, *Bull. serv. géol. du Congo belge et du Ruanda Urundi*, n° 2, 1946, fasc. II, p. 237-289; L. Cahen, *Bull. Soc. belge de géol.*, 57, 1948, p. 321-329.

teuse [3] et des Entomostracés [4], cet étage était considéré comme Triasique supérieur ou Rhétien par M. Leriche, tandis que Haughton [5], Veatch [6], Cahen, Jamotte, Lepersonne et Mortelmans [2], en font l'équivalent de la fin du Beaufort moyen et du début du Beaufort supérieur d'Afrique du Sud (fin du Trias inférieur et Trias moyen). Dans une première Note [7], fondée d'une part sur les quelques spécimens déjà étudiés par Leriche et, de l'autre, sur de rares échantillons nouveaux récoltés jusqu'en 1949, j'avais émis des doutes sur l'âge triasique moyen de l'étage de Stanleyville et suggéré la possibilité d'un âge plus récent.

Depuis cette date, une Mission du Musée du Congo belge de Tervuren m'a permis de prospecter quatre gisements de Vertébrés fossiles échelonnés le long du cours du Lualaba (Congo) entre Stanleyville et Ponthierville. Les trois premiers se situent dans les argilites bitumineuses de l'étage de Stanleyville, tandis que le dernier est constitué par un calcaire en plaquettes d'âge probablement plus récent.

Le premier gisement, situé sur la berge de la Mékombi, affluent de la rive gauche du Lualaba, à 840 m en amont du confluent du premier et du second, et à 50 km en amont de Stanleyville, a livré la faune suivante : *cinq ou six genres nouveaux de poissons Holostéens, un genre nouveau de poisson Halécostome, un crâne de Tétrapode*. A l'exception d'un seul genre, tous les Holostéens présentent la particularité d'avoir un squelette axial à un stade d'évolution très avancé qui en ferait, à en juger par ce seul caractère, de véritables Halécostomes. L'absence complète des Paléoniscoïdés (qui dominent jusqu'au Permien) et des Subholostéens (qui dominent jusqu'au Trias supérieur) d'une part, la dominance d'Holostéens passablement évolués et la présence d'un Halécostome (dont le plus ancien représentant certain est *toarcien*), d'autre part, semblent permettre de conclure à *un âge liasique, peut-être supérieur*. Cette conclusion paraît, en outre, étayée par les faits suivants :

1° Il s'agit vraisemblablement d'une faune d'eau douce. Or, on sait que les faunes de ce biotope présentent habituellement, et particulièrement au Trias (cf. *Newark*), un « cachet » archaïque et « démodé » par rapport aux faunes marines contemporaines. Considérée par contre, suivant, les idées actuelles comme triasique, cette faune offrirait un aspect sensiblement plus évolué que toutes les faunes marines contemporaines, ce qui paraît peu probable.

---

(3) M. Leriche, *Rev. zool. afric.*, 1, 1911, p. 190-197; *Ibid.*, 8, 1920, p. 69-77.

(4) R. Marlière, *Ann. Mus. Congo belge*, sér. in-8°, Sciences géol., 2, 1948, p. 60; *Ibid.*, 6, 1950, p. 43.

(5) *South Afric. Mus. Ann.*, 12, pt. 8, 1924, p. 464.

(6) *Mem. géog. Soc. America*, n° 3, 1935, p. 184.

(7) *Ann. Mus. Congo belge*, sér. in-8, Sciences géol., 5, 1950, p. 7-52.

2° Plusieurs gisements, notamment celui de Saint-Gabriel près de Stanleyville, considérés comme appartenant au même étage de Stanleyville, ont livré des fragments d'un grand *Lepidotes* nullement archaïque, et l'extension géologique connue de ce genre est Rhétien-Crétacé inférieur.

3° Le gisement d'eau douce de Bekker's Kraal dans le Beaufort supérieur du Karroo de l'État d'Orange a fourni, d'après Brough [8], les Actinoptérygiens suivants : *Paléoniscoïdés, deux genres*; *Subholostéens, cinq genres*; *Holostéens O*; *Halécostomes O*. Le « cachet » de la faune est donc beaucoup plus primitif que celui de l'étage de Stanleyville qui était considéré comme contemporain.

4° Le gisement d'eau douce de Lutôe, dans le Karroo de l'Angola portugais, dont la belle faune n'a encore fait l'objet d'aucune monographie complète, possède au moins un Paléoniscoïdé et un Subholostéen, tandis qu'aucun genre, jusqu'à présent décrit, n'est commun avec l'étage de Stanleyville.

Il faut cependant attendre le dépouillement de la faune, plus abondante encore, des deux autres gisements situés dans les mêmes argilites, pour énoncer une opinion ferme touchant l'âge des couches dites de Stanleyville.

PALÉONTOLOGIE. — *Présence d'un rostre eugereonien chez le paloédictyoptère* Stenodictya lobata *Brongniart. Affinités des protohémiptères.* Note de M. **Daniel Laurentiaux**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les Paléodictyoptères figurent un complexe de Paléoptères permocarbonifères considéré comme le plus généralement archaïque des ptérygotes.

On les a fréquemment comparés au « protentomum » hypothétique, et Handlirsch (1908) les tenait même pour des « Ur-Insekten » dérivés directement des trilobites. La plupart de leurs caractères nervuraires et morphologiques sont très archaïques, et leur confèrent un habitus très primitif [persistance d'ailerons prothoraciques, souvenir d'un stade alaire inarticulé initial, expansions paranotales abdominales, homonomie alaire, paléoptérie, nervation complète illustrant la loi d'alternance de Lameere (1922), etc.]. Il était donc logique de leur supposer une morphologie buccale primitive, broyeuse, en accord avec l'archaïsme des autres caractères. Ce pas a été franchi, bien qu'une telle organisation buccale n'ait pu être observée sur les empreintes fossiles.

L'examen d'un spécimen inédit de *Stenodictya lobata* Brongniart 1890 (*Stenodictyidæ* Brongniart 1893), du Stéphanien supérieur de Commentry

---

([8]) *Proc. Zool. Soc. London*, 1931, p. 235-296.

(Allier), forme qui est classiquement tenue pour type des Paléodictyoptères, vient de révéler la présence inattendue d'un rostre suceur labial qui détermine une condition nutricielle de suceur de sève.

La nervation de ce remarquable échantillon est très comparable à celle des type et cotype de l'espèce ([1]), et on y note l'existence de l'aileron prothoracique. La tête arrondie (5 mm), pourvue latéralement de deux proéminences paraissant correspondre à des yeux globuleux saillants, se prolonge par un complexe rostral robuste (9 mm) tronqué probablement aux 2/3 sur l'empreinte). La région centrale de ce rostre permet d'y reconnaître la juxtaposition de quatre longues pièces insegmentées, chitineuses, assimilables aux stylets mandibulaires et maxillaires. De chaque côté de ces éléments centraux s'observe une pièce articulée (incomplète) correspondant aux palpes labiaux droit et gauche.

Un tel rostre répond à un type suceur-labial à palpes labiaux indépendants, analogue à celui précédemment décrit chez *Eugereon böckingi* Dohrn 1866, du Permien inférieur de Birkenfeld ([2]). L'allongement céphalique et la gracilité du rostre de *E. böckingi* Dohrn peuvent être déduits orthogénétiquement de la morphologie céphalo-rostrale de *S. lobata* Brongniart. Handlirsch voyait en *Eugereon* une forme isolée (ordre *Protohemiptera* Handlirsch 1908) des Paléodictyoptères et spécialisée par l'acquisition d'un rostre ([3]).

Il a déjà été démontré que les Protohémiptères étaient sans rapports phylétiques avec les Hémiptères, et que certaines des analogies rostrales étaient des faits de convergence.

Un réexamen de la nervation de *Eugereon* semble devoir conduire à un étroit rapprochement avec *Dictyoptilus* Brongniart du Stéphanien supérieur de Commentry (genre connu par les seules ailes mésothoraciques) : pc, accolement sans vraie fusion R+M, CuA approchant M jusqu'au contact en un point, CuP bifide, AI long avec six nervules au bord interne, nervation transversale de mêmes type et densité. La famille des *Dictyoptilidæ* peut être, d'après sa nervation, déduite phylétiquement des *Sténodictyidæ*.

Les affinités nervuraires de *Eugereon* et de *Dictyoptilus*, et l'existence d'un rostre eugéréonien chez *Stenodictya lobata* ne permettent pas de considérer *Eugereon* comme une forme isolée, ni son rostre comme une acquisition nouvelle. Le bec eugéréonien apparaît une disposition typique du complexe paléodictyoptéroïde déjà présent dans la série axiale Litho-

---

([1]) Ch. Brongniart, *Insectes Fossiles des Temps primaires. Thèse*, Saint-Etienne, 1893, pl. XXXVIII, *fig.* 1 et 2.

([2]) A. Dohrn, *Palæontographica*, 13, 1866, p. 333, pl. XLI.

([3]) A. Handlirsch, *Die Fossilen Insekten*, Leipzig, 1908, p. 387.

mantide-Sténodictyide, et héritée par leurs descendants dictyoptiloïdes parmi lesquels se range *Eugereon*.

Il paraît extrêmement suggestif de remarquer que chaque fois qu'une région céphalique de Paléodictyoptère s'est conservée *in fossile*, on y note la présence d'un rostre suceur, dans des séries nervuraires diverses (*Lycocercus* Brongniart, *Mecynostoma* Brongniart, *Lithomantis* Woodward, *Eugereon* Dohrn, *Stenodictya* Brongniart, etc.), ce qui incline à conclure à la grande généralité de cette structure dans le complexe paléodictyoptéroïde. La présence d'un rostre chez *Lithomantis carbonarius* (Woodward) du Westphalien inférieur d'Écosse, contestée par Bolton [4] qui n'y voulait voir qu'un procès prothoracique, souligne l'antiquité de cette disposition.

La découverte de cette singulière spécialisation chez les Paléodictyoptères les plus typiques éclaire d'un jour nouveau la signification phylétique de ces formes, et modifie de façon déconcertante les actuelles hypothèses. Ainsi, le double jeu d'affinités nervuraires, d'une part, avec les *Stenodictyidæ*, de l'autre avec *Eugereon*, conduit à admettre chez les *Dictyoptilidæ* un rostre de même type, spécialisation qui les écarte naturellement de la souche des Odonatoptères, de laquelle on les rapproche fréquemment [5].

Malgré la primitivité de nombre de leurs caractères, les Paléodictyoptères ne figurent pas un groupe archétypique de Ptérygotes, mais une lignée dérivant de l'archétype, phylétiquement divergente des autres Insectes ailés, spécialisée par un rostre suceur de type labial, éteinte au Permien sans descendance.

On peut se demander si cette spécialisation morphologique des Paléodictyoptères ne se doublait pas chez la plupart d'entre eux, d'une spécialisation physiologique, association avec des espèces végétales définies. En ce cas, le bouleversement floristique de la fin du Carbonifère aurait pu accélérer, par la raréfaction ou la disparition de nombre de ces espèces végétales *nécessaires*, le déclin corrélatif de ces Paléoptères.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la croissance du squelette des* Clypeaster *fossiles*. Note de Mme **Marga Elsbieta Zoeke**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Augmentation du nombre des plaques au cours de la croissance. Mise en évidence de lignes de croissance sur les plaques. Développement ontogénique des piliers.

Une précédente étude [1] a démontré que, non seulement la forme

---

(4) *Palæontographical Society*, 73, 1921, p. 42, pl. II, *fig.* 4.
(5) F. M. Carpenter, *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 54, 1943, p. 551.

(1) *Bull. Mus. nation. Hist. nat.*, 23, n° 6, 1951; *Bull. Soc. géol. Fr.*, 2, n° 1, 1952 (sous presse).

générale, mais aussi celle des plaques individuelles des Oursins fossiles d'un même genre subissent des modifications suivant les conditions du milieu géographique. Les recherches résumées ici constatent les changements de forme des plaques chez des individus d'une même espèce, de tailles croissantes, provenant de gisements très voisins d'une même région. Le matériel examiné consiste en quelques 3000 exemplaires, récoltés par M. Dubertret, dans l'Helvétien de la région d'Antioche. Parmi eux une soixantaine d'individus permet, grâce à l'érosion, de suivre les limites des plaques et d'observer des lignes de croissance. Ils appartiennent aux espèces suivantes :

Clypeaster altus Klein s. l;

Clypeaster pentadactylus Péron et Gauthier;

Clypeaster campanulatus Schlotheim.

Clypeaster altus Klein m'a fourni 20 individus se rangeant en une série continue dont la taille croît de 5 à 18 cm.

L'examen de ces Oursins indique :

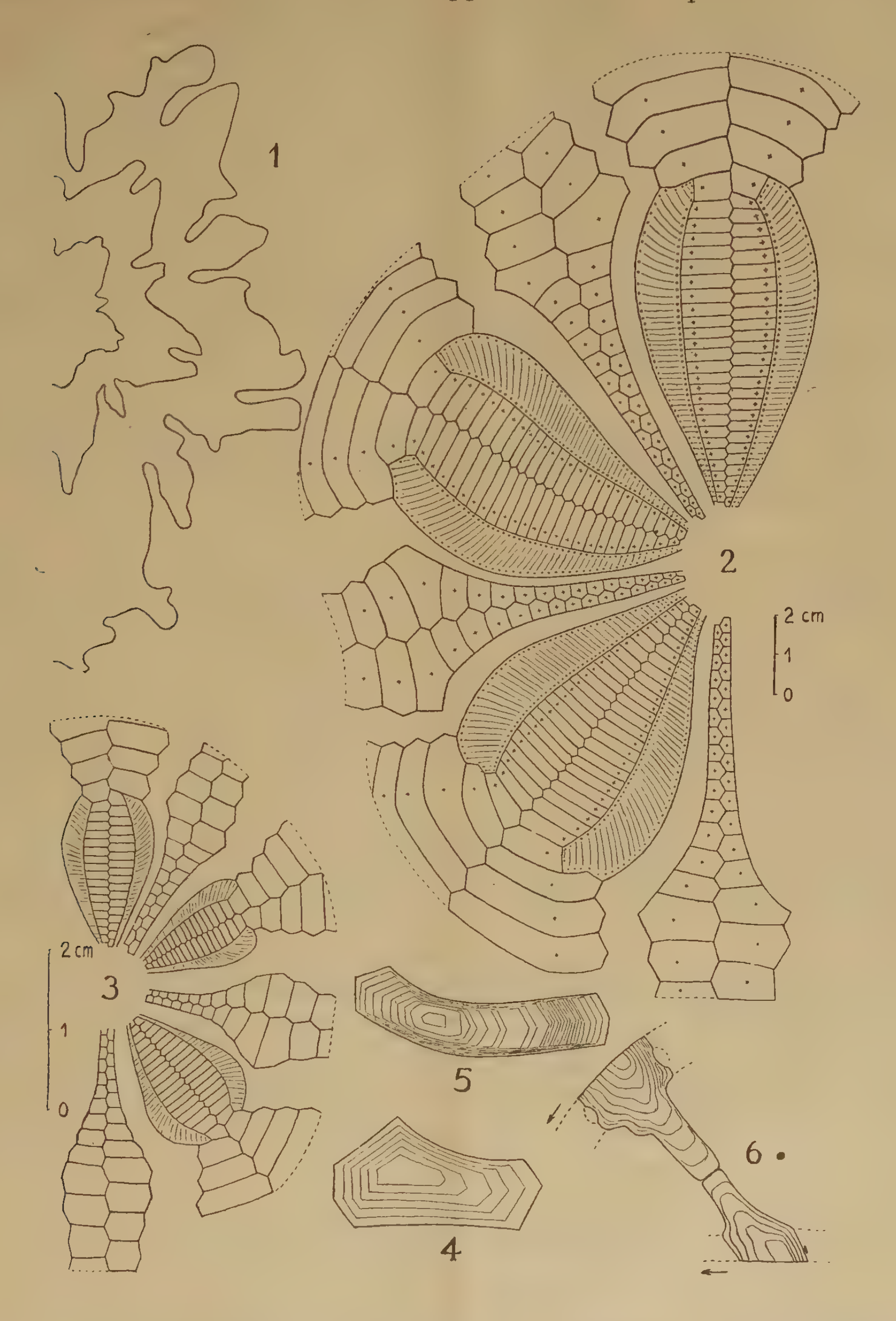
1° Le jeune de 5 cm de diamètre a moins de plaques que l'adulte, la différence étant de neuf plaques pour l'ambulacre et quatre plaques pour l'interambulacre (*fig.* 2 et 3).

2° Des plaques ayant perdu leurs tubercules par érosion montrent les lignes de croissance (par utilisation d'un abrasif ce fait a été vérifié aussi chez *Cl. rosaceus* L. actuel). Chez un exemplaire jeune de 5 cm on compte trois lignes et chez l'adulte environ 26 lignes qui, vraisemblablement, correspondent à un nombre égal de phases de reproduction. Ces lignes de croissance visibles autour d'un centre ou nucléus sont inégalement espacées. On constate qu'au cours du développement la croissance dans la direction horizontale a été relativement plus considérable que dans la direction verticale. En outre, dans la première direction, la croissance relative dans le sens proximal a été plus intense que dans le sens distal. En épaisseur la croissance se fait inégalement, elle atteint son maximum généralement au-dessous du centre de croissance et, au contraire, est minimum vers la suture avec la plaque symétrique (*fig.* 4 et 5).

3° Les nucléus se comportent comme ayant une position déterminée et fixe pour chaque plaque (voir *fig.* 3, où le nucléus est représenté par une croix). Il semble ainsi que chez un adulte les positions des nucléus et la forme de ceux-ci reproduisent les caractères du très jeune. Cela pourra être prouvé à l'aide d'individus fossiles de diamètre allant de 1 à 5 cm, qui me manquent, ou avec des actuels de même taille relative.

4° Parmi les structures internes, le développement des piliers commence chez le jeune par l'apparition dans chaque interambulacre d'une paire de piliers situés assez bas. Par la suite, d'autres plaques interambulacraires donneront des piliers et leur nombre augmentant avec l'âge on en trouvera

jusqu'à la moitié de la hauteur. Dans la zone ambulacraire, les piliers apparaissent plus tard, prennent un développement moins important et n'atteindront que le tiers de la hauteur totale. Sur la figure 1, sont représentées trois sections parallèles à la base, passant par l'extrémité des pétales et correspondant à trois individus de tailles croissantes. Elle montre clai-



rement la complication progressive du dessin donné par les piliers. Les piliers s'implantent directement sur la plaque, ou bien celle-ci donne une série de minuscules pointes dont les sommets se soudent en une doublure parallèle aux plaques et sur laquelle naissent les piliers. Les lignes de croissance, observables en section chez les piliers, montrent que leur développement se fait de façon inéquilatérale (*fig.* 6).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la modification des taux de saccharose et d'inuline sous l'influence de l'hydrazide maléique dans les tissus de Topinambour cultivés* in vitro. Note (*) de MM. **Chryssanthos Phouphas** et **André Goris**, présentée par M. René Souèges.

A concentration convenable, l'hydrazide maléique provoque une augmentation du taux du saccharose et parallèlement une diminution de la teneur en inuline. On peut supposer que cette substance modifie le mécanisme enzymatique de mise en réserve des glucides.

Il semble résulter des travaux de A. W. Naylor ([1]) sur le Maïs et de ceux de Wittwer et Hansen sur la Betterave ([2]), que l'hydrazide maléique provoque l'accumulation et la conservation du saccharose dans les végétaux. Nous avons pensé que la méthode des cultures des tissus végétaux permettrait d'analyser ce phénomène avec précision. Dans la série d'essais que nous avons entrepris en vue de cette étude nous nous sommes d'abord adressés au tissu de Topinambour. Des prismes découpés aseptiquement dans des tubercules de la race dite « Blanc commun » (n° 1 de la collection de Vilmorin) furent placés sur divers milieux. L'un, destiné à réaliser les cultures témoins, était constitué par une solution de Knop diluée de moitié, additionnée de gélose (1,3 %) de glucose (5 %), de chlorhydrate de cystéine (10^{-5}), d'aneurine (10^{-6}) et d'acide indole-acétique (10^{-7}). Les autres de composition identique étaient en outre additionnés d'hydrazide maléique aux doses de 10^{-8}, 10^{-7}, 10^{-6} et 10^{-5}. Les cultures furent laissées à l'obscurité à une température de 20° pendant 45 jours, temps après lequel fut prélevé dans chaque fragment un lambeau de tissu pour la détermination du poids sec, le reste étant stabilisé par l'alcool à 90° bouillant et traité pour l'analyse des sucres.

Les résultats exprimés par rapport à 100 g de tissu sec sont rassemblés dans le tableau I et dans le graphique ci-joint.

(*) Séance du 5 mai 1952.

([1]) *Arch. Biochem. Biophys.*, **33** (2), 1951, p. 340.

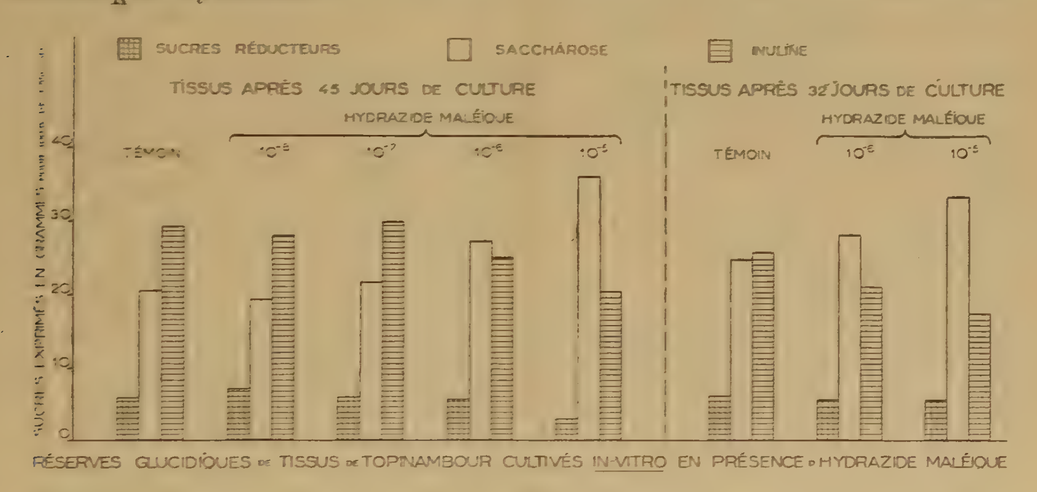
([2]) *Agron. J.*, **43** (7), 1951, p. 340.

TABLEAU I.

Composition glucidique de tissus de Topinambour « Blanc commun » au bout de 45 jours de culture (valeurs exprimées par rapport à 100 g de tissu sec).

Milieux.	Sucres réducteurs (g).	Saccharose (g).	Inuline (g).	Sucres totaux (g).
Témoin (sans hydrazide)......	5,85	20,5	29,3	55,65
Hydrazide maléique 10^{-8}......	7,1	19,35	28,05	54,5
» » 10^{-7}......	6,05	21,65	29,95	57,65
» » 10^{-6}......	5,6	27,3	25,15	58,05
» » 10^{-5}......	2,95	36,1	20,4	59,45

Leur examen montre que l'hydrazide maléique aux doses de 10^{-8} et 10^{-7} n'exerce aucune influence sur la composition glucidique des tissus de Topinambour. Aux taux plus élevés de 10^{-6} et 10^{-5}, on constate une accumulation du saccharose et une baisse de l'inuline, en fonction de la concentration en hydrazide.



RÉSERVES GLUCIDIQUES DE TISSUS DE TOPINAMBOUR CULTIVÉS IN-VITRO EN PRÉSENCE D'HYDRAZIDE MALÉIQUE

Ces derniers résultats ont été confirmés sur une autre race de Topinambour, une variété grise commune, que nous avons cultivée dans les mêmes conditions que précédemment sur des milieux contenant 10^{-6} et 10^{-5} d'hydrazide maléique et sur un milieu témoin dépourvu de cette substance.

TABLEAU II.

Composition glucidique de tissus de Topinambour de race grise commune au bout de 32 jours de culture (valeurs exprimées par rapport à 100 g de tissu sec).

Milieux.	Sucres réducteurs (g).	Saccharose (g).	Inuline (g).	Sucres totaux (g).
Témoin (sans hydrazide)......	6,2	24,85	25,8	56,85
Hydrazide maléique 10^{-6}......	5,6	28,25	21,1	54,95
» » 10^{-5}......	5,5	33,35	17,45	56,3

L'expérience a duré 32 jours; ses résultats sont consignés dans le graphique et le tableau II ci-avant.

Conclusion. — L'hydrazide maléique aux concentrations de 10^{-6} et 10^{-5} provoque dans les tissus de Topinambour cultivés *in vitro* une augmentation du taux de saccharose et parallèlement une diminution de la teneur en inuline, la totalité des glucides restant cependant sensiblement constante. Cette action peut être expliquée en admettant soit une activation du processus naturel de dégradation de l'inuline qui conduit d'abord, comme l'ont montré les travaux de H. Colin, au saccharose, soit au contraire une inhibition du mécanisme enzymatique de transformation du saccharose en inuline. Des recherches sont en cours pour essayer de vérifier l'une ou l'autre de ces hypothèses.

BIOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Évolution des différentes formes de phosphore au cours de la germination des graines.* Note de MM. **Robert Bonnet** et **René Weiss**, présentée par M. Roger Heim.

Nous avons déterminé dans les graines de plusieurs Céréales le taux de quatre formes de phosphore : le P minéral orthophosphorique, le P organique acido-soluble, le P lipidique, le P nucléique total. Le fractionnement des différentes formes de P a été réalisé par la technique de Schneider (1); nous avons dosé le P à l'aide de la microméthode colorimétrique de Machebœuf (2).

Dans la suite, les mêmes graines ont été étudiées à divers stades de développement, la germination étant opérée à température constante dans l'étuve obscure, sur coton et eau distillée. En outre, nous avons dosé séparément les fractions phosphorées dans les albumens et les embryons au cours du développement.

Nous exposons les résultats obtenus avec les graines de Blé (hiver Vilmorin) et de Riz (Bentoubala Soudan). Les chiffres expriment les taux de P en pour cent de P total.

Blé.

	P minéral.	P organique acido-soluble.	P lipidique.	P nucléique.
Graines initiales	3,7	79,0	5,9	8,5
4 jours	12,1	67,0	5,8	12,1
8 »	25,6	49,1	5,6	16,4
12 »	29,3	38,6	6,1	21,2
Id. { Albumens	8,1	28,8	2,2	5,2
Id. { Embryons	21,7	9,4	4,1	16,6

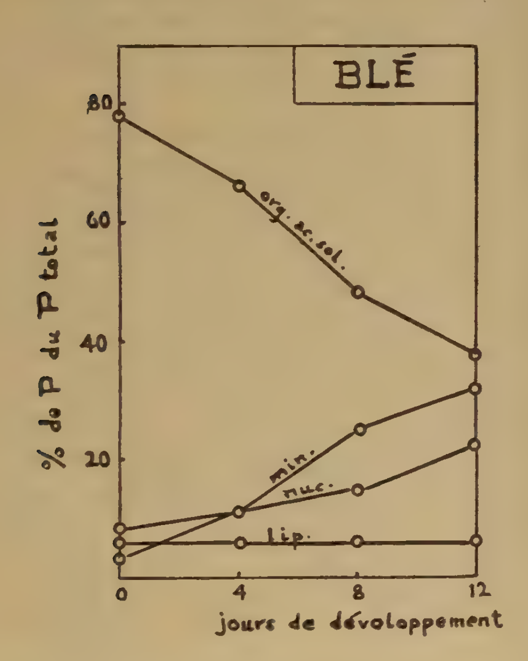
(1) *J. Biol. Chem.*, 161, 1945, p. 293.

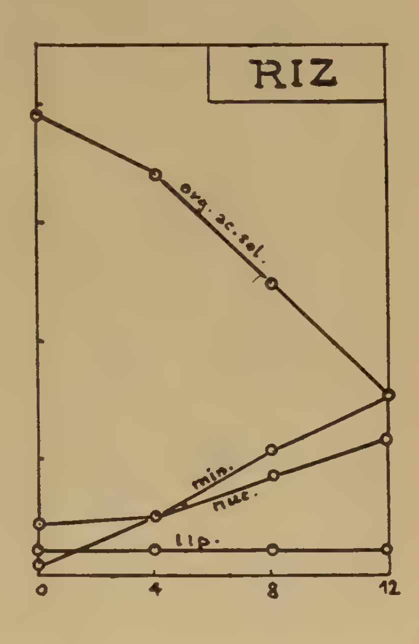
(2) M. Machebœuf et J. Delsal, *Bull. S. C. B.*, 25, 1943, p. 116.

Riz.

	P minéral.	P organique acido-soluble.	P lipidique.	P nucléique.
Graines initiales.........	2,4	77,8	4,6	9,2
4 jours.................	10,4	68,6	4,4	11,6
8 »	20,7	50,9	4,5	18,2
12 »	30,1	33,8	4,9	23,3
Id. { Albumens..........	10,0	29,6	1,6	7,8
Id. { Embryons..........	21,4	4,6	3,5	14,3

Les diagrammes ci-contre illustrent les variations observées.





Nous pouvons dégager les conclusions suivantes :

Le P minéral, résultant de l'hydrolyse de tous les composés phosphorés complexes, apparaît comme la forme de transport des principes phosphorés.

La liquidation rapide de la fraction organique acido-soluble, dont le constituant essentiel est la phytine, confirme cette substance dans son rôle de composé de réserve phosphorée très concentrée.

La quasi-constance du P lipidique dans l'ensemble de la plantule au cours de développement semble suggérer que les phosphatides représentent un facteur intégrant des constituants cellulaires sans caractère de substance de réserve.

L'abondance des fractions lipidique et nucléique dans les tissus embryonnaires devient plausible par le rapport nucléo-plasmatique élevé, ainsi que l'absence des vacuoles.

De plus, l'accroissement prononcé du P nucléique est en accord avec le rôle attribué à cette fraction phosphorée dans la synthèse des nucléoprotéides.

PHYSIOLOGIE. — *Étude du foie gras au cholestérol chez le Rat blanc, au niveau des structures cellulaires*. Note (*) de M. **Guy Clément**, M[lles] **Jacqueline Clément** et **Éliane Le Breton**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La surcharge en graisses dans le foie gras au cholesterol est entièrement à l'état de lipides libres, non liés aux différentes structures cellulaires. Dans ce type d'infiltration non accompagné de mitoses on constate que l'accroissement en protéines de l'organe porte sur la fraction microsomes.

Aux fins de connaître les modifications du chimisme cellulaire caractéristique des types de foies gras conduisant à la cirrhose et à l'hépatome, nous avons dans une publication antérieure (1) exposé la répartition des lipides dans la cellule hépatique du Rat normal et établi la composition de ces lipides au niveau de chaque structure cellulaire isolée à l'état pur. Dans ce travail, nous donnerons les principaux résultats concernant le foie gras au cholestérol, obtenu chez le Rat par l'ingestion d'un régime contenant 3 à 5 % de cholestérol, mais normal par ailleurs. Le foie gras s'établit très vite mais l'on observe jamais, même après deux ans de ce régime, additionné ou non de jaune de beurre (paradiméthylaminoazobenzène), la présence soit de cirrhose, soit d'hépatome (2). Chaque série d'expériences porte sur quatre foies, les résultats sont la moyenne de quatre séries, Rats mâles, souche Wistar, soumis au régime un an et au jeûne 24 h avant le sacrifice. Nous considérerons d'abord le tissu global, puis les diverses structures cellulaires.

1. Foie total. — Il pèse en moyenne 15 g, au lieu de 10 g chez les témoins au régime sans cholestérol; les protéines ont augmenté d'environ 15 %. Par gramme frais, les lipides totaux passent de 70 dans le foie normal à 250 mg, ils sont multipliés par 3,5; les graisses neutres et l'insaponifiable X par 3, les esters du cholestérol par 170 environ (120 mg au lieu de 0,7). Par contre, les phosphatides totaux accusent une chute de 25 %, mais la teneur en protéines par gramme frais ayant baissé dans les mêmes proportions, le rapport phosphatides totaux × 100/protéines totales reste normal et égal à 15,5.

(*) Séance du 5 mai 1952.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2261.

(2) Dans un Mémoire détaillé publié en collaboration avec le Docteur Vermes, nous donnerons les examens anatomopathologiques des foies.

Le degré de désaturation des diverses catégories d'acides gras exprimé par l'indice d'iode est toujours plus faible que dans le foie normal.

2. ANALYSE AU NIVEAU CELLULAIRE. — Pratiquée à l'aide de la méthode de J. Chauveau et G. Clément [3], cette analyse met en évidence des faits intéressants que l'examen du tissu total ne peut atteindre.

1° *Lipides libres.* — Les lipides non liés aux protéines ou nucléoprotéines font ici *les 3/4 des lipides totaux* au lieu du 1/5. Leurs acides gras appartiennent pour 54 % aux glycérides, 43 % aux esters du cholestérol et 3 % aux phosphatides. Ce faible pourcentage représente 15 % des phosphatides totaux si bien que le rapport phosphatides liés × 100/protéines totales est seulement de 13,2 au lieu de 15 dans le foie normal. Histologiquement, cette phase « lipides libres » se présente sous forme de gouttelettes plus ou moins fusionnées au sein des cellules parenchymateuses [2].

2° ***Lipides des structures et du cytoplasme homogène.***

A. *Répartition des lipides liés.* — En raison de l'importance des lipides libres dans ce type de foie gras nous établirons le pourcentage de chaque type de lipides « liés » qui se trouve localisé au niveau de chaque structure cellulaire, en prenant pour terme de comparaison les données homologues du foie normal. Dans l'ensemble, la répartition est analogue à celle constatée pour le foie normal; cependant le pourcentage des phosphatides appartenant aux microsomes a augmenté aux dépens de celui revenant au cytoplasme; si la majorité des glycérides est toujours dans la phase cytoplasmique dispersée, la proportion trouvée dans les microsomes est augmentée, celle des mitochondries l'est aussi mais à un degré moindre. Notons encore l'augmentation de la part de l'insaponifiable X qui se trouve dans les noyaux, cependant que la proportion de cholestérol de cette structure a diminué.

B. *Concentration des lipides sur les structures.* — Si maintenant on examine la concentration des divers lipides sur chaque structure par rapport à l'azote total, on constate une chute de la teneur en phosphatides dans le cytoplasme, les microsomes et les mitochondries, importante surtout dans le cas du cytoplasme. La concentration en glycérides a partout légèrement augmenté, sauf dans cette dernière phase. Quant au cholestérol et à l'insaponifiable X nous ne retiendrons ici que l'enrichissement du noyau en ces substances par rapport à l'azote total de cette structure.

L'examen du rapport A. G. phosphatidique/A. G. totaux montre une chute très nette de ce rapport pour toutes les structures sauf pour les noyaux, chute surtout importante dans le cas du cytoplasme homogène.

---

(2) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2144.

C. *Degré de désaturation des A. G. des diverses structures.* — Qu'il s'agisse de l'indice d'iode des A. G. phosphatidiques ou de celui des A. G. de la somme glycérides + esters du cholestérol, cet indice croît du cytoplasme aux microsomes et de ceux-ci aux mitochondries; dans le foie normal, le phénomène était de sens inverse pour les acides gras phosphatidiques. Les valeurs absolues des indices d'iode sont en général plus faibles que dans le foie normal. Pour la phase « lipides libres » l'indice d'iode des phosphatides a subi une grosse chute, de 115 à 84, par contre l'indice d'iode de la fraction acétonosoluble est légèrement augmenté.

D. *Remarque concernant la répartition de l'azote.* — L'augmentation de l'azote total de l'organe est de 15 % environ par rapport à un foie normal. Cette augmentation concerne principalement les microsomes dont l'azote représente ici 27 % du total au lieu de 20 %; par contre, le pourcentage de l'azote revenant au noyau est nettement diminué. Ces constatations sont évidemment d'un haut intérêt étant donné l'absence de mitoses signalée plus haut dans ce type de foie gras.

PHYSIOLOGIE. — *Sur une syncinésie-sursaut déclenchée par le bruit.* Note de MM. **Théophile Alajouanine** et **Jean Scherrer**, présentée par M. Léon Binet.

A l'occasion d'une observation privilégiée, étudiée à l'aide d'une technique électromyographique, un type spécial de syncinésie pathologique est individualisé : la syncinésie au bruit. Il s'agit là, selon toute vraisemblance, d'une forme anormale de sursaut.

L'existence de syncinésies pathologiques dans diverses affections du système nerveux, atteignant avant tout les voies pyramidales est un fait bien connu depuis les recherches classiques de P. Marie et Ch. Foix [1]. Nous en avons donné nous-mêmes une analyse clinique détaillée dans un Mémoire publié en 1936 [2]. Nous rappelions, dans ce Mémoire, la définition des syncinésies due à Vulpian : « mouvements qui s'effectuent dans une partie du corps, de façon involontaire, au moment où ont lieu des mouvements volontaires ou réflexes dans une autre partie du corps ». Cette définition est peut-être quelque peu restrictive et il y aurait intérêt à remplacer la notion de mouvement par celle de contraction musculaire.

Une observation récente nous conduit à élargir plus encore le domaine des contractions musculaires de la série syncinétique. L'apparition, ou le renforcement, involontaire d'une contraction musculaire peut ne pas être

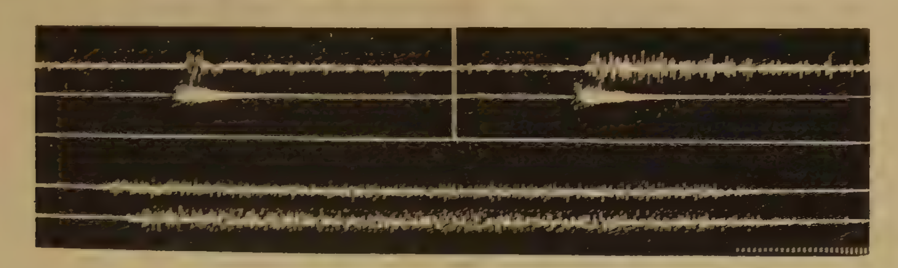
---

(1) *Revue Neurologique*, 1, 1916, p. 3-27.

(2) Th. Alajouanine et R. Thurel, *L'encéphale*, 1, 1936, p. 97-114.

en rapport avec une autre contraction musculaire volontaire ou réflexe, mais se trouver liée à la survenue d'un bruit d'une certaine intensité.

L'observation a trait à un homme de 24 ans, atteint d'hémiplégie cérébrale infantile gauche. Cette hémiplégie ne s'accompagne pas de mouvements athétosiques spontanés, bien que les mouvements volontaires de la main et du pied gauches prennent le plus souvent un aspect athétoïde.



Électromyogramme des syncinésies.

Figure du haut à gauche. — Syncinésie au bruit du muscle extenseur des doigts, côté gauche.

Figure du haut à droite. — Syncinésie au bruit du muscle jambier antérieur gauche. Le tracé du bas de ces deux figures est un enregistrement du bruit à l'aide d'un microphone.

Figure du bas. — Syncinésie controlatérale, tracé du haut, contraction volontaire des muscles extenseurs des doigts et radiaux du côté droit; en bas, réponse syncinétique des muscles extenseurs des doigts du côté gauche hémiplégique. Base de temps pour toutes les figures : 20 ms.

Des syncinésies gauches, homo et controlatérales peuvent aisément être mises en évidence. Le symptôme très particulier qu'accuse le malade est un renforcement considérable de la contracture de tout le côté hémiplégique, lors de la survenue inattendue d'un bruit assez intense (tel un bruit d'avertisseur d'automobile). Si ce renforcement se produit pendant la marche, il entraîne la chute. Chez le malade couché, un bruit violent provoque l'apparition brusque d'un état passager de contracture intense du côté hémiplégique.

Parmi les examens paracliniques pratiqués chez le malade, retenons que l'électroencéphalogramme est normal, éliminant une secousse myoclonique à laquelle on avait pensé tout d'abord. Un audiogramme révèle, fait intéressant, une hypoacousie bilatérale pour les sons aigus. L'étape cruciale des examens paracliniques a cependant été l'électromyographie.

La technique électromyographique a permis de préciser que le renforcement de la contracture, ou son apparition au bruit, a un temps de latence assez fixe : 50 à 70 m s'écoulent entre le moment où le bruit parvient à l'oreille du malade et l'apparition de l'activité électrique du muscle. Cette activité apparaît de façon sensiblement concomitante au niveau des membres supérieur et inférieur gauches (voir *figure*) : elle ne se manifeste pas du côté droit. Sa durée est variable, pouvant aller, suivant les cas, de 0,1 s à plus d'une seconde. La répétition d'un bruit intense, à quelques

secondes d'intervalle, s'accompagne d'une atténuation puis d'une disparition de la réponse motrice syncinétique. Il faut souligner que des stimulations sensorielles visuelles soudaines et intenses pratiquées sous contrôle électromyographique, n'ont pas provoqué de réponse motrice de type syncinétique. De même, une émotion brusque ne la déclenche pas. Le déclenchement de la réponse motrice exige, par conséquent, une stimulation sensorielle auditive comportant dans sa survenue un élément de surprise.

Il était intéressant de comparer cette réponse motrice de type syncinétique aux syncinésies classiques que présente le malade. Ces dernières ont été déclenchées en faisant effectuer une contraction musculaire du côté sain. Dans ces syncinésies controlatérales classiques, comme pour la syncinésie au bruit, on note l'apparition ou le renforcement d'une activité électrique musculaire de tout le côté hémiplégique. C'est cette analogie qui nous fait parler de contraction de type syncinétique.

Mais des différences sont notées. La syncinésie controlatérale classique a une latence variable de 0,1 à 1 s. (voir *figure*), fonction de l'intensité de la contraction volontaire du côté sain, cependant que la latence de la syncinésie au bruit est fixe. De plus, la première ne montre pas l'épuisement par répétition de la stimulation que nous avons signalé pour la syncinésie au bruit. Ces différences entre les syncinésies classiques et le phénomène que nous décrivons incitent à rapprocher ce dernier d'une autre manifestation physiologique dont L. Binet déjà a souligné l'importance dans sa thèse inaugurale [3] : nous voulons parler du sursaut. La fixité du temps de latence, le caractère global de la réponse plaident dans ce sens. Nous nous proposons de poursuivre l'étude électromyographique du phénomène du sursaut, surtout chez le nourrisson chez lequel il est particulièrement intense et représente une réaction motrice globale.

Le comportement de notre syncinésie-sursaut s'apparente par bien des côtés à une telle réponse primitive non différenciée et constitue sans doute ainsi un type de régression pathologique.

PHYSIOLOGIE. — *Mesure de l'instant de l'immobilisation individuelle de 48 souris dans une cage enregistreuse; son interprétation en titrage biologique.* Note de M. **René Devignat**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous proposons un appareil qui, dans des conditions de pratique courante, permet la mesure simultanée du moment de la mort ou de la paralysie totale de 48 souris. La précision de cette donnée de temps permet, par comparaison à un étalon, le titrage selon la méthode de Reed et Muench [1].

---

[3] *Recherches sur le tremblement* (*Thèse médecine*, Paris, 1918).

[1] *Amer. J. Hygiene*, 27, 1938, p. 493-497.

Nous avons construit, dès 1945, un appareil d'essai permettant l'enregistrement graphique de l'arrêt du mouvement avec une précision de l'ordre du centième de journée et une capacité d'observation de 48 souris simultanément.

Dans son ensemble, l'appareil que nous proposons comporte deux parties essentielles et distinctes :

1° un système enregistreur;

2° une cage facilement séparable de ce dernier.

Le système enregistreur comporte un tableau de verre, fumé à la flamme, présentant en 24 h un déplacement vertical de 100 mm, contrôlé par un mouvement d'horlogerie.

La cage comporte 48 logettes individuelles distribuées sur un plan vertical en six étages de 8 logettes. La cage est construite en bois, verre et métal inoxydable. Dans chaque logette, la souris se meut sur un plateau mobile à ressort. Ce plateau entraîne un index à charnières, situé derrière la paroi postérieure de la logette. Lorsque la cage est en place, devant le système enregistreur, cet index va hachurer horizontalement le tableau qui monte verticalement. Les hachures des logettes voisines vont se ranger en quinconce et pourront aisément être individualisées. La mort ou la paralysie totale amèneront l'arrêt des hachures dont on pourra, pour chaque logette séparément, mesurer la longueur en millimètres et connaître ainsi, en centièmes de journée, le moment de l'immobilisation léthale ou paralytique.

L'aération de chaque logette est assurée; l'alimentation est prévue pour 24 h. Une observation durant normalement plusieurs jours et le tableau fumé ayant une course maximum de 24 h, il va de soi que chaque jour, à heure fixe, le mécanisme doit être remonté, le tableau fumé doit être remplacé et la nourriture doit être renouvelée. Ces opérations sont aisées et rapides, car la cage est facilement séparable du système enregistreur et il n'y a pratiquement aucune solution de continuité dans l'observation des animaux.

La notion quantitative de temps précisant celle de mort ou de paralysie des souris permet une économie d'animaux et une observation raccourcie par adaptation de la méthode du « 50 % end-point » de Reed et Muench, selon un procédé qui ne diffère de l'original que par le moment où peut se faire la lecture de la mort ou de la survie.

Nous exposerons ultérieurement les détails de ce procédé. En résumé, selon Reed et Muench, le rapport des titres d'une substance connue et d'une substance inconnue est de même valeur que le rapport entre le « 50 % end-point » d'une série de groupes de souris, par exemple, inoculées de la substance connue en doses croissantes et le « 50 % end-point » d'une

série de groupes de souris inoculées de la substance inconnue dans les mêmes conditions d'expérience.

Reed et Muench supposent que, comme d'habitude, les résultats : décès ou survies, sont lus en fin d'expérience, soit à un *temps limite*. Notre appareil permet, dans certaines limites, la même mesure, *à un temps quelconque*, et sur des séries limitées de quatre groupes de six souris. La précision de cette nouvelle mesure sera d'autant plus grande que le temps « quelconque » se rapprochera plus du *temps moyen théorique* (50 %), car la répartition du pourcentage des décès dans le temps s'effectue selon une courbe de Laplace-Gauss. En pratique, nous avons choisi comme rapport entre substance connue et substance inconnue, le rapport des moyennes entre mesures effectuées à trois temps, proches du temps moyen théorique (50 %). Ce sont : le *temps médian* des quatre groupes inoculés de la substance *connue*; puis le *temps médian* des quatre groupes inoculés de la substance *inconnue*; enfin, le *temps médian moyen*, ou moyenne arithmétique des deux temps précédents.

Le procédé économise les souris, car quatre groupes de six souris, pourvu qu'elles meurent ou soient immobilisées, nous donneront quasi toujours une réponse; il permet de gagner du temps, car l'on peut, dans certaines limites, augmenter la virulence ou la toxicité de la dose afin de raccourcir le temps d'observation et l'on peut arrêter l'expérience après avoir relevé le temps médian des deux séries.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Sur les intensités extrêmes des échanges de l'organisme homéotherme*. Note de MM. **Jean Giaja** et **Vojin Popović**, présentée par M. Paul Portier.

L'intensité des échanges du Rat peut varier dans le rapport de 1 à 30 selon qu'il est en profonde hypothermie ou qu'il lutte contre le froid pour le maintien de sa température normale. Un hibernant, le Spermophile, lorsqu'il est tiré de la torpeur hibernale et qu'on lui impose, une fois réchauffé, une lutte extrême contre le refroidissement, voit ses échanges augmenter de plus de 500 fois.

Chez les homéothermes, les échanges peuvent varier par le mécanisme de la thermorégulation chimique entre le métabolisme de base et le métabolisme de sommet. Nous avons montré que chez divers Mammifères et Oiseaux les valeurs de ces deux termes extrêmes de l'accommodation réflexe de la thermogenèse sont, dans la plupart des cas, dans le rapport de 1 : 3 à 4. Nous désignons le rapport numérique entre le métabolisme de sommet et le métabolisme de base par « quotient métabolique de l'homéothermie ».

L'intensité des échanges peut tomber au-dessous de celle du métabolisme de base, lorsque l'homéothermie normale est abandonnée par refroi-

dissement de l'organisme. En prenant en considération, d'une part, l'intensité des échanges du métabolisme de sommet, d'autre part l'intensité des échanges de l'organisme refroidi jusqu'à la limite de sa résistance, on aura les limites extrêmes de l'intensité du fonctionnement de l'organisme qui n'est plus astreint à maintenir sa température à un niveau fixe. Nous désignons par « quotient métabolique de l'hétérothermie » la valeur numérique de ce rapport.

Nous avons déterminé chez le Rat l'intensité des échanges exprimée par la consommation d'oxygène, successivement dans les conditions d'obtention du métabolisme de sommet, du métabolisme de base et chez le sujet refroidi à 15°, limite d'hypothermie compatible avec le fonctionnement de l'organisme. Les valeurs suivantes ont été obtenues (cm^3 d'oxygène consommé par kg-h) :

Métabolisme de sommet	3750
Métabolisme de base	1150
Métabolisme du sujet refroidi à 15°	124

Ces valeurs donnent les quotients métaboliques (Q. M.) suivants :

Q. M. de l'homéotermie .... $\frac{3750}{1150} = 3,2$

Q. M. de l'hétérothermie .... $\frac{3750}{124} = 30,2$

On voit que l'intensité des échanges a varié de 30 fois environ selon que le Rat se trouvait à la limite de sa résistance dans la lutte contre le refroidissement ou à la limite de sa résistance à l'hypothermie (température corporelle de 15°).

Pour le Rat, ce sont des conditions expérimentales. Chez les hibernants, par contre, le passage de l'hypothermie profonde à l'homéothermie normale est un phénomène naturel et régulier. Le Spermophile (*Citellus citellus*) peut se refroidir à 5°, température à laquelle ses échanges tombent le plus bas. Nous avons obtenu, chez cet hibernant, les valeurs suivantes :

Métabolisme de sommet	6280
Métabolisme de base	982
Métabolisme du sujet refroidi à 5°	12

D'où l'on a pour

Q. M. de l'homéothermie .... $\frac{6280}{982} = 6,3$

Q. M. de l'hétérothermie .... $\frac{6280}{12} = 523$

Par conséquent, l'intensité du fonctionnement de l'organisme du Sper-

mophile, évaluée d'après l'intensité de ses oxydations, peut varier dans les conditions naturelles de son existence dans le rapport de 1 à 500, selon qu'il est refroidi à 5° dans le sommeil hibernal ou que, à l'état de veille, la lutte extrême contre le refroidissement lui est imposée. Notons que l'on peut réaliser ce passage dans l'espace de 1 à 2 h en réveillant l'hibernant et en l'obligeant, une fois réchauffé, à déployer dans la lutte contre le refroidissement, son métabolisme de sommet.

ZOOLOGIE. — *Nouveaux Isopodes (Crustacea) du sable des plages du Roussillon.* Note de MM. **Pierre A. Chappuis** et **Claude Delamare-Deboutteville**, présentée par M. Louis Fage.

Les premiers Isopodes phréatiques involués d'Europe furent décrits en 1933, par Karaman [1], des puits situés aux environs de Skoplje. D'autres espèces appartenant aux genres *Microparasellus* Kar. et *Microcharon* Kar. furent découvertes par la suite, peuplant toutes la nappe phréatique de cours d'eau douce. C'est Lévy qui, en 1950 [2], trouva pour la première fois un *Microcharon, M. Teissieri* (Lévy), en mer, au cours d'un dragage de sables, à Roscoff.

E. Angelier, puis nous-mêmes, avons récolté de très nombreux Isopodes au cours de nos investigations sur la faune interstitielle des plages du Roussillon. Une des formes les plus abondantes dans les sables relativement grossiers, appartient incontestablement à un genre nouveau de la famille des *Microparasellidæ* Kar., proche des *Janiridæ* à l'intérieur de l'ensemble de *Paraselloidea*.

Angeliera phreaticola n. g. n. sp. a été trouvé dans le sable des Plages du Racou, de Saint-Cyprien, de l'ancienne embouchure de la Têt, de l'étang du Canet, du Bracarès (Pyrénées-Orientales) et, plus à l'Est, près de Cannes (Alpes-Maritimes). Dans les deux premières stations, nous avons pu le récolter par milliers d'individus.

Diagnose. Aspect d'un *Microcharon*, à uropodes moins gros et plus longs. Taille : 1,5 mm; largeur moyenne : 0,2 mm. Un seul segment pléonal visible. Antennes I courtes, à 7 articles. Antennes II plus longues avec une hampe de 6 articles et un fouet de 8 articles. Palpe de la mandibule de 3 articles (*fig.* 1) dont aucun ne porte une soie ou épine. L'article terminal bananiforme, plus étroit que le précédent. Pas de *pars molaris* Palpe du maxillipède à 4 articles (*fig.* 2). Le péréiopode I sans grande différence avec les suivants, non préhensile. Péréiopode V avec dimorphisme sexuel mâle au carpos. Ce dernier s'élargit à son bord tergal en une crête chitineuse qui se termine au dernier tiers de l'article par une forte épine.

Pléopode I mâle en lamelle large; sa partie distale recourbée vers le côté externe et recouvrant presque complétement le pléopode II. Chez ce dernier l'exopodite est plus développé que chez les autres *Microparasellidæ*. L'extrémité du sympode est rectangulaire.

---

(1) *Zool. Anz.*, Bd. 102, 1940; Glasnik, *Bull. Soc. Sc. de Skoplje*, 22.

(2) *Arch. Zool. exp. et gén.*, *N. R.*, 37.

Aux mêmes stations qu'*Angeliera* nous avons pu trouver deux autres Isopodes qui appartiennent à la famille des *Microcerberidæ* de Karaman, famille qu'il laissa *incertæ sedis*, tout en pressentant ses liens avec les *Anthuridæ*.



Angeliera phreaticola. — 1, Mandibule gauche; 2, Maxillipède; 3, *Microcerberus remanei :* Pléopode II mâle; 4, *Microcerberus arenicola* d'Amalfi : Pléopode II mâle.

Nous sommes en mesure d'affirmer qu'il s'agit bien d'*Anthuridæ*. Mais en raison de la grande différence qui existe entre *Microcerberus* et les autres genres de cette famille, nous croyons préférable de le mettre dans une sous-famille à part, les *Microcerberinæ*, dont la diagnose serait jusqu'à nouvel ordre semblable à celle du genre. Tous les autres genres qui forment actuellement la famille des *Anthuridæ* se grouperaient dans la sous-famille des *Anthurinæ*. Les *Microcerberus* sont beaucoup plus rares que les Microparasellides.

Microcerberus Remanei n. sp. — Quelques exemplaires trouvés dans les sables des plages de Canet, lagune de Canet, de Saint-Cyprien et de Sète. C'est dans cette dernière localité que les trois premiers exemplaires furent trouvés par M. Remane qui nous les confia pour étude.

Aspect extérieur semblable aux *Microparasellidæ*. Longueur 1,2 mm, largeur 1,1 mm. Au péréion, 7 segments libres; le pléon compte 2 segments libres et le pléotelson. Antennes I courtes à 6 articles. Antennes II avec une hampe de 6 articles et un fouet de 7 à 8 articles. Mandibules courtes, redressées. La mandibule gauche avec une partie

incisive de 3 dents. En dessous de celle-ci s'insèrent 2 épines assez grosses qui représentent sans doute la *lacinia mobilis*. La *pars molaris* manque. Palpe rudimentaire formé par un seul article soudé à sa base. Maxille I composée de 3 endites, maxille II à 2 endites digitiformes portant chacun une épine apicale. Sympode du maxillipède faible. L'endite du basis peu développé. Palpe à 5 articles avec peu de phanères. Péréiopode I préhensile, les autres ambulatoires.

Le pléopode I manque dans les deux sexes. Pléopode II mâle (*fig.* 3) avec un grand sympode rectangulaire, deux fois plus long que large, portant à son angle externe et distal un mamelon court muni d'une petite soie apicale. C'est le vestige de l'exopodite. L'endopodite a l'air biramé, mais il nous semble plutôt que le premier article de l'endopodite a une apophyse du côté interne qui égale en longueur le second article. Le second pléopode de la femelle est une plaque quadrangulaire qui s'insère vers la fin du second pléonite. Les autres pléopodes sont respiratoires et peuvent être retirés chez les deux sexes dans une duplicature des rebords du pléotelson.

Microcerberus arenicola n. sp. — Quelques exemplaires provenant des sables des plages de Canet, Saint-Cyprien et de Majore près d'Amalfi (Italie). Les cinq individus de ce dernier endroit ont été récoltés par M. Remane junior, en été 1951.

Cette espèce ressemble beaucoup à la précédente, mais s'en distingue nettement par la conformation du pléopode II mâle, (*fig.* 4).

BIOLOGIE. — *Utilisation par les Copépodes pélagiques des Bactéries planctoniques comme nourriture.* Note de M. **Louis Devèze**, présentée par M. Louis Fage.

Le problème de la nutrition des organismes animaux planctoniques présente une importance écologique considérable. C'est en effet l'un des facteurs primordiaux permettant d'expliquer le déterminisme des développements successifs de différentes populations animales planctoniques. L'analyse du milieu marin, au moment de l'installation d'une population animale dense représentée essentiellement par des copépodes adultes, met souvent en évidence, simultanément, une déficience marquée en végétaux unicellulaires vivants et une abondance relative en bactéries, flagellés et ciliés. Il était donc permis de supposer une relation de nutrition entre Copépodes et microorganismes. L'hypothèse de l'utilisation par ces animaux de sources de nourriture particulaires figurées autrement que par un matériel algal et plus précisément par les Diatomées a été confirmée en partie par des recherches expérimentales. Et c'est en vue de mettre en évidence l'utilisation en tant que nourriture des Bactéries par les Copépodes planctoniques que cette expérimentation a été entreprise. Elle a porté, en premier lieu, sur des Copépodes adultes appartenant aux genres *Calanus*, *Euchaeta* et *Centropages* provenant d'un plancton de surface effectué dans le Golfe de Marseille en mars 1952, c'est-à-dire à une période où des populations denses de Copépodes font suite, apparemment immédiatement, à un plancton presque exclusivement végétal.

Afin d'éliminer le plus de Bactéries possible vivant plus ou moins étroitement associées à ces animaux, 20 Copépodes ont été maintenus pendant 8 h dans trois bains successifs d'eau de mer stérile ayant en solution de la pénicilline et de la sulfacétamide ; ils furent ensuite lavés durant 24 h par plusieurs passages dans de l'eau de mer stérile, toutes les manipulations s'effectuant à l'aide d'un matériel stérilisé au préalable. Après ce jeûne de 32 h, ils furent placés dans un ballon en Pyrex, bouché au coton, qui contenait 750 cm³ d'eau de mer stérile.

Des numérations microbiennes ont révélé que, malgré un tel traitement, les Copépodes avaient apporté au milieu 1282 bactéries au centimètre cube soit 961 500 germes pour l'ensemble du flacon. La présence d'une quantité non négligeable de bactéries malgré l'emploi d'antibiotiques doit être soulignée; elle doit permettre vraisemblablement d'expliquer, tout au moins en partie, la survie de Copépodes, signalée par certains chercheurs, dans de l'eau de mer où aucune nourriture n'avait été ajoutée; l'apport bactérien dû aux Copépodes y provoque en fait un développement microbien permettant de nourrir ces animaux au cours de l'expérimentation.

Une quantité déterminée d'une émulsion bactérienne en eau de mer stérile était ensuite ajoutée au flacon d'élevage ainsi qu'à un flacon témoin contenant également 750 cm³ d'eau de mer stérile. Des prélèvements ont été effectués alors afin de préciser le contenu bactérien des deux flacons. Ces derniers furent soumis aux mêmes conditions d'expérimentation et placés à l'obscurité et sous une température ambiante moyenne de 14,7°, l'écart des températures extrêmes observées avec celle-ci n'ayant jamais dépassé ± 3°. Périodiquement, après homogénéisation des milieux, des numérations étaient effectuées afin d'évaluer les modifications de densité microbienne des deux flacons. La méthode des dilutions successives a été employée; les ensemencements ont été faits sur un milieu de culture solide de composition uniforme (milieu 2 216 de ZoBell : eau de mer « vieillie », 1 000 cm³; peptone, 5 g; phosphate ferrique, 0,1 g; gélose, 15 g).

Les résultats ont été notés après une incubation de 8 jours à l'étuve à 23°. Ils ont montré une diminution massive et rapide du contenu bactérien du flacon d'élevage :

	Flacon d'élevage.	Flacon témoin.
Contenu initial.......	1 870 500 000 germes	1 559 250 000 germes
» le 2ᵉ jour ...	1 084 600 000 »	1 761 540 000 »
» 5ᵉ » ...	123 090 000 »	3 674 050 000 »
» 7ᵉ » ...	81 840 000 »	4 549 560 000 »
» 10ᵉ » ...	75 880 000 »	3 428 000 000 »
» 14ᵉ » ...	63 640 000 »	259 000 000 »

Par ailleurs, une deuxième expérimentation portant sur 30 Copépodes planctoniques a montré une diminution comparable du contenu bactérien du milieu d'élevage qui en huit jours passa de 8 619 255 000 à 391 millions. de bactéries. Il est donc permis d'admettre que les Bactéries peuvent servir de nourriture aux Copépodes planctoniques.

Il convient toutefois de signaler le caractère limité fixé à cette expérimentation qui ne visait pas le maintien en vie des Copépodes pendant plusieurs semaines. L'utilisation des Bactéries comme nourriture, qui en était le seul but, n'est mise en lumière, d'une manière immédiate, que durant la période au cours de laquelle la densité de germes du flacon témoin suit une courbe ascendante. Or, celle-ci est relativement réduite, en l'occurence à huit jours approximativement, la faible teneur en matériel utilisable existant dans l'eau de mer constituant rapidement un facteur limitant le développement bactérien.

Des expériences en cours permettront d'établir si une telle source de nourriture est utilisable par toutes les espèces de Copépodes vivant dans les eaux du golfe de Marseille comme par les autres organismes du zooplancton. Elles préciseront également si une telle source de nourriture est suffisante pour permettre un développement normal de ces animaux planctoniques.

BIOLOGIE. — *L'Alose d'El Kansera, cas d'une adaptation totale d'une espèce anadrome aux eaux douces.* Note de M. **Jean Furnestin**, présentée par M. Louis Fage.

L'Alose (*Alosa alosa* Linné) se rencontre en abondance dans la zone atlantique du Maroc. A l'époque de la reproduction, c'est-à-dire de l'hiver au printemps, elle remonte les fleuves permanents de ce pays. Deux de ceux-ci, le Sebou et l'Oum er Rebia, étaient, naguère, les plus fréquentés. L'Oum er Rebia, fermé à peu de distance de la mer par un barrage hydroélectrique sur lequel n'ont pas été prévues d'échelles à poissons, est, depuis quelques dizaines d'années, interdit aux aloses. Le Sebou et ses affluents, notamment l'oued Beth, restent pratiquement les seules rivières où l'Alose pénètre en bandes très nombreuses. C'est l'oued Beth et le barrage construit dans la partie médiane de son cours, à El Kansera, qui retiendront ici notre attention. Ce barrage, d'une hauteur de 43 m au-dessus du lit de la rivière, contient au niveau du déversoir un volume d'eau de 225 millions de mètres cubes. A ce niveau, le lac de retenue, avec une profondeur maximum de 35 m, recouvre 1600 ha.

Le barrage d'El Kansera, depuis sa mise en eau pendant l'hiver de 1934, ne permet plus aux aloses de remonter le cours de l'oued Beth. Toutefois, de temps à autres, on a signalé, soit la présence d'aloses mortes au déversoir, soit la capture d'un de ces clupes dans le lac de retenue. Comme vers 1942-1944, des pêcheurs indigènes avaient essayé, sans grand succès d'ailleurs, de déverser, en amont du barrage, quelques poissons de « remontée », on pouvait attribuer ces captures anormales à de telles tentatives.

Or, dans le courant du mois de février 1952, M. Huré, Conservateur des Eaux et Forêts, procédant à une pêche à la senne dans le lac d'El Kansera, prenait un certain nombre d'aloses. Une nouvelle expérience, faite le 20 mars 1952, sur la plage de Sidi Slimane, à quelques kilomètres en amont du barrage, nous fournissait la preuve indiscutable de la présence, dans le lac, d'une population d'aloses dont la composition impliquait une adaptation complète de ces clupes anadromes au milieu potamique. En effet, une série de six coups de filets permettait de pêcher parmi de nombreux barbeaux, carpes et black basses, 218 aloses se répartissant entre les tailles de 18 et 52 cm.

Les fréquences enregistrées font apparaître trois groupes de tailles : un premier, le plus nombreux, de 18 à 27 cm, un second de 31 à 44 cm, un dernier, enfin, de 45 à 52 cm. Une telle répartition révèle déjà l'existence de plusieurs générations que confirme et précise l'examen des écailles. Celles-ci présentent, dans leur structure, des marques de croissance très nettes et nous renseignent ainsi exactement sur l'âge des aloses capturées. Ces aloses se groupent en cinq classes :

1 an (de 18 à 27 cm), 4 ans (de 40 à 45 cm),
2 ans (de 31 à 36 cm), 5 ans (au-dessus de 45 cm).
3 ans (de 35 à 40 cm),

Donc, en supposant que nos captures représentent, avec une bonne approximation, les différentes générations que comprend la population d'El Kansera, cette dernière semble constituée pour plus de 60 % par de jeunes poissons d'un an, le reste, 40 %, se partageant plus ou moins également entre les aloses de 2, 3 et 4 ans, celles de 5 ans et de plus de 5 ans étant rares.

En ce qui concerne l'état sexuel, les aloses d'un an, avec des glandes filiformes, sont immatures, celles de 2 et 3 ans en cours d'évolution, mais encore loin de leur maturité. Quant aux individus de plus de 3 ans (de 40 à 52 cm), leurs gonades, gonflées d'œufs transparents, ou déjà vides et flétries, indiquent qu'ils se trouvent en période de reproduction. Enfin, ces poissons, excepté les plus grands ayant accompli leur ponte, sont en excellente condition ainsi qu'en témoignent leurs viscères noyés dans des amas de graisse d'un blanc nacré.

Ajoutons qu'à l'occasion de la pêche du 20 mars, 171 aloses choisies parmi les plus vives, ont été marquées puis remises à l'eau ; ce qui permettra, si les reprises sont assez nombreuses, de compléter l'étude de ce groupement.

Qu'une population comporte plusieurs générations, que ces générations se développent, se reproduisent et se maintiennent en bonne condition dans un barrage mis en eau depuis une vingtaine d'années, apporte la

preuve d'une adaptation totale de cette espèce potamotoque aux eaux douces. (Ceci compte tenu des tentatives, d'ailleurs insuffisantes, de déversement d'adultes en 1942-1944.) La température qui règne dans le lac d'El Kansera pendant toute l'année, de la surface au fond, est d'ailleurs favorable à l'Alose : variations extrêmes : de 11,8 à 26° pour la surface et de 10,5 à 14° pour le fond (P. Gayral). Une adaptation aussi parfaite ne laisse cependant pas de surprendre lorsque l'on sait, d'une part, que l'Alose passe la plus grande partie de sa vie dans des eaux de forte salinité (toujours plus de 35,50 ‰) de l'Atlantique marocain, où elle s'enfonce jusqu'au bord du plateau continental et, d'autre part, que les eaux de l'oued Beth sont douces (salinité inférieure à 0,18 ‰) et relativement très peu profondes.

Rappelons qu'un phénomène du même ordre a dû se produire à une époque plus ou moins reculée pour l'Alose du lac de Côme (*Paralosa lacustris*), proche parent d'*Alosa nilotica*, elle-même voisine de l'Alose atlantique. Mais le cas que nous signalons est le premier d'une adaptation complète se faisant pour ainsi dire sous nos yeux. Et ce que les hommes ont tenté maintes fois sans succès s'est fait, ici, naturellement et d'emblée.

RADIOBIOLOGIE. — *Cinétique de l'apparition des neutrocytes à caryoschizes après irradiation générale par une dose unique de rayons* X. Note (*) de M. **Jean-François Duplan**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Le nombre des polynucléaires neutrophiles ayant des noyaux à caryoschizes augmente après irradiation. Cette augmentation est d'autant plus rapide et le maximum d'autant plus précoce que la dose de rayons X reçue a été plus forte.

Les modifications morphologiques des cellules sanguines provoquées par l'exposition chronique aux radiations ionisantes sont bien connues des hématologistes. En ce qui concerne les irradiations de tout l'organisme par une dose unique de rayonnement, des altérations identiques ont été décrites; Lacassagne et Lavedan [1] ont donné la chronologie de leur apparition, Jacobson, Marks et Lorenz [2] en ont décrit différents types. Nous avons particulièrement étudié, en fonction du temps écoulé après l'irradiation, les variations du nombre des polynucléaires neutrophiles ayant des noyaux à caryoschizes. Ces caryoschizes sont, dans leur forme typique (la seule dont nous ayions tenu compte), de petites expansions pédiculées du noyau. L'étude de cette anomalie nucléaire donne des indi-

(*) Séance du 5 mai 1952.

(1) *Paris Médical*, 51, 1924, p. 97.

(2) *Radiology*, **52**, 1949, p. 371.

cations intéressantes sur la dose de rayonnement reçue et ceci dès les premiers jours après l'irradiation.

Nous avons utilisé des cobayes mâles, adultes, hybrides de race commune, pesant de 380 à 500 g. Ces animaux sont irradiés par paires avec un appareil à rayons X qui a pour caractéristiques : 180 kV, 10 mA, pas de filtre; la distance anticathode cobaye est 55 cm et le débit 65 ± 5 r/m.

Les doses de rayonnement sont les suivantes :

— Doses fortes, 1100 et 900 r, huit cobayes pour chaque dose (D. L. 100);

— Doses moyennes, 650, 475 et 350 r, quatre cobayes pour chaque dose,

— Dose faible, 25 r, douze cobayes (D. L. o.).

Nous avons étudié parallèlement le nombre relatif des polynucléaires ; caryoschizes, c'est-à-dire leur nombre pour 100 polynucléaires neutrophiles et le nombre absolu de ces cellules par millimètre cube.

Chez l'animal normal, ces deux nombres sont extrêmement fixes : quand le nombre des polynucléaires par millimètre cube varie, on constate que le nombre relatif des cellules à caryoschizes varie en sens inverse et leur nombre absolu reste donc fixe; le nombre relatif ne dépasse pratiquement jamais 20 % et une variation en plus ou en moins de 5 % est un maximum.

Après irradiation, on constate une augmentation précoce et passagère des polynucléaires à caryoschizes que nous avons schématisée dans les trois graphiques ci-dessous.

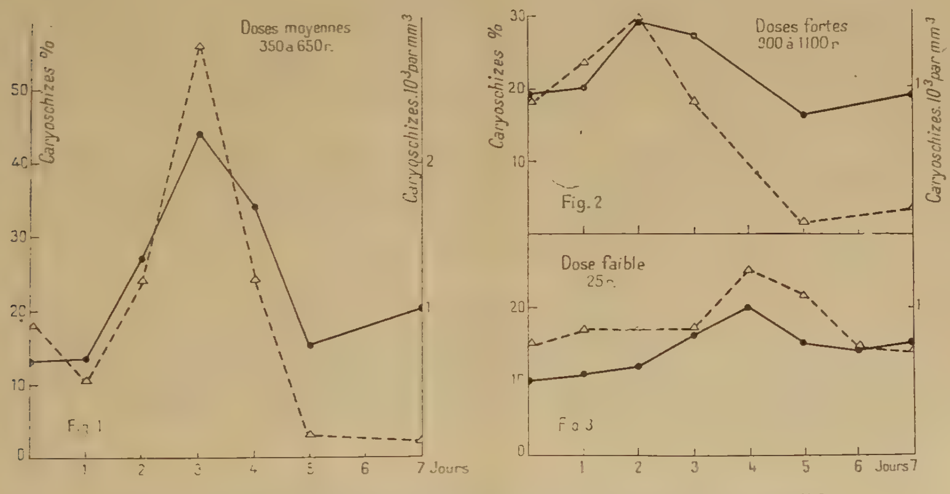


Fig. 1. — Doses moyennes; Fig. 2. — Doses fortes; Fig. 3. — Dose faible.
La date d'irradiation correspond au jour o.

——— nombre de caryoschizes %.
- - - - - - nombre de caryoschizes par millimètre cube.

Nous étudierons, en premier lieu, les variations du nombre relatif (%) des polynucléaires à caryoschizes.

Quelle que soit la dose, il existe un temps de latence de 24 h pendant lequel le pourcentage des cellules à caryoschizes n'est pas modifié.

Pour les doses fortes, le pourcentage augmente dès la fin du premier jour et le maximum est atteint le deuxième jour; au troisième jour, le taux reste élevé, puis il y a une chute brusque et le pourcentage normal est retrouvé au cinquième jour.

Pour les doses moyennes, le maximum n'est atteint que le troisième jour et le pourcentage revient à la normale le cinquième jour.

Pour les faibles doses, le maximum n'est atteint que le quatrième jour et la chute ne s'effectue que lentement.

Le nombre absolu (par mm^3) des polynucléaires à caryoschizes s'accroît parallèlement à leur nombre relatif (%) et les maxima des deux courbes coïncident dans le temps. Par contre, la décroissance du nombre absolu de ces cellules est surtout fonction de la neutropénie due à l'irradiation; pour les doses fortes et moyennes, celle-ci est très importante et le nombre absolu des polynucléaires à caryoschizes tombe très bas à partir du cinquième jour; pour les doses faibles, la neutropénie est inconstante et il y a simplement retour au même nombre qu'avant l'irradiation.

Nous avons cherché à définir la dose seuil qui provoque l'apparition de ces altérations. Pour cela, nous avons irradié deux séries supplémentaires à 25 et 10 r, la distance étant 95 cm et l'intensité 16 r/m. Les animaux qui ont reçu 25 r présentent les modifications propres à cette dose, alors que les cobayes qui ont reçu 10 r n'ont aucune modification du nombre de leurs polynucléaires à caryoschizes; la dose minimum nécessaire pour augmenter le nombre des cellules à caryoschizes est donc située entre 10 et 25 r chez le cobaye.

L'augmentation des neutrocytes à caryoschizes constitue donc un test sensible et précoce d'irradiation et il est susceptible de fournir une indication valable de la dose de rayonnement reçue.

RADIOBIOLOGIE. — *Action d'une irradiation générale par les rayons* X *sur la synthèse du glycogène musculaire chez le Cobaye.* Note de Mmes **Marguerite Lourau** et **Odette Lartigue**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Chez le Cobaye, une irradiation générale par des doses subléthales de rayons X ne modifie pas la glycogénèse musculaire tant que l'alimentation reste normale. Chez les animaux soumis au jeune, le glycogène musculaire est généralement abaissé. Mais cette diminution n'est ni aussi générale ni aussi importante que celle que l'on observe, dans les mêmes conditions, dans le foie.

Dans un travail précédent [1] nous avons montré que des cobayes

---

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1144.

soumis à une irradiation générale par les rayons X deviennent incapables de maintenir les réserves de leur foie en glycogène. Toutefois, nos résultats montrent que cette incapacité ne se manifeste qu'en période de post-absorption; tant que l'absorption dure, les animaux irradiés utilisent le glucose, et la glycogénèse est normale.

Dans cette Note, nous avons examiné si la glycogénèse subit dans le muscle la même perturbation que dans le foie.

Des cobayes irradiés avec des doses subléthales de rayons X dans les conditions déjà décrites [1] ont fait l'objet d'expériences de trois types. Ceux de la *première série* (25 témoins et 30 irradiés) ont été sacrifiés après un jeûne de 48 h et le glycogène a été titré sur des muscles isolés (gastrocnémien congelé au CO_2, disséqué après la section du nerf sciatique). Cette série est peu homogène. Chez les témoins, les teneurs en glycogène varient suivant la saison : hautes en janvier et en juin (425 mg de glycogène pour 100 g de muscle frais) elles sont irrégulières et faibles (255 mg % en moyenne) de mars à mai. Compte tenu de ces variations, les irradiés se répartissent en trois groupes : un tiers est tout à fait normal; un très petit nombre n'a plus que des traces de glycogène (20 à 40 mg %); le reste enfin, un peu plus de la moitié de nos effectifs, accuse une diminution de glycogène d'environ 40 à 50 %.

Ces résultats étant difficiles à interpréter, nous avons fait deux autres séries d'expériences en titrant le glycogène de la totalité du corps, sur l'animal congelé dans l'air liquide, et débité en fragments de petites dimensions que l'on attaque par KOH bouillante. Les teneurs en glycogène sont exprimées en milligramme de glycogène pour 100 g de poids corporel, les données brutes étant diminuées des substances réductrices non spécifiques déterminées par l'épreuve de la fermentation par la levure selon Reinecke [2].

Ces expériences se divisent en deux groupes : les unes faites pendant les mois de juin et juillet sur des animaux normalement nourris (15 témoins, 15 irradiés), les autres en septembre de la même année sur des animaux à jeun depuis 48 h (10 témoins et 10 irradiés). Tous ces animaux ont été sacrifiés 12 à 14 jours après l'irradiation. Le tableau donne les moyennes de nos résultats.

Glycogène du corps (en mg de glycogène pour 100 g de poids).

	Témoins.	Irradiés.
Animaux nourris..............	$348 \pm 38,8$	354 ± 44
Animaux à jeun..............	167 ± 16	123 ± 14

---

[2] *Amer. J. Physiol.*, **140**, 1943, p. 276.

On voit que lorsqu'ils sont normalement nourris, les irradiés ne diffèrent pas des témoins. Lorsqu'ils sont soumis au jeûne, il n'en est plus ainsi. Les moyennes accusent une diminution légère (26 %) qui n'est pas absolument significative (p est voisin mais inférieur à 0,05). Mais lorsqu'on examine les données individuelles, on constate que, à l'exception d'un seul, tous les irradiés ont moins de glycogène que le témoin correspondant. Il est donc vraisemblable que la déficience de la glycogénèse en période de jeûne, qui est si évidente au niveau du foie, se retrouve dans le muscle, mais avec moins de régularité et d'ampleur.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les « glycérophosphatogènes »*. Note de M. **Paul Fleury** et Mme **Léa Le Dizet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons montré (1) que l'action de la potasse en milieu méthylique sur la lécithine d'œuf conduit, dans des conditions soigneusement précisées, à des préparations qui, après élimination des acides gras et de la choline, ne renferment cependant pas de glycérophosphate libre, mais sont transformables en glycérophosphate par hydrolyse acide ou alcaline, d'où le nom de « glycérophosphatogène » (par abréviation GPG) que nous avons proposé, sans préjuger de la constitution de ces préparations.

Nous pensons avoir montré (2) que les esters phosphoriques contenus dans ces préparations peuvent être considérés comme résultant d'un enchaînement d'un nombre variable de molécules de glycérophosphate. Ces molécules seraient liées, non par des liaisons diesters (c'est-à-dire par estérification d'un OH glycérolique d'une molécule glycérophosphorique avec un OH phosphorique d'une autre molécule glycérophosphorique), mais par des ponts oxydiques interphosphoriques permettant de les considérer comme des dérivés d'acides polyphosphoriques, en quelque sorte des *acides polyglycérophosphoriques* (3).

Nous laissons de côté pour l'instant la question de savoir si ces liaisons polyphosphoriques préexistent dans la molécule même de la lécithine ou si elles constituent un artéfact représentant un produit intermédiaire au cours de l'hydrolyse alcaline.

Quelle que soit leur genèse, il nous a semblé intéressant de poursuivre notre étude, d'abord parce que, à notre connaissance, ces acides polyglycérophosphoriques n'ont encore été signalés, ni comme corps naturels,

---

(1) P. Fleury, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 441 et *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 30, 1948, p. 519 et 521.

(2) P. Fleury, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 30, 1948, p. 521.

(3) P. Fleury et L. Le Dizet, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1321 et *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 32, 1950, p. 503.

ni comme composés synthétiques, ensuite parce que les conditions de leur apparition et de leur rendement (représentant parfois près de 75 % du glycérophosphate prévu) permettent de ne pas exclure, dans le cas où il s'agirait d'un artéfact, la formation de tels enchaînements dans le catabolisme des lécithines.

En poursuivant le perfectionnement de notre technique d'obtention de ces composés, nous avons constaté, qu'après épuisement par l'alcool absolu qui dissout ce que nous avons appelé le glycérophosphatogène (GPG), le résidu insoluble contient encore une fraction relativement importante du phosphore. Traité par le méthanol, ce résidu cède très facilement la plus grande partie de son phosphore et la partie ainsi dissoute, *tout en gardant son insolubilité dans l'éthanol*, se comporte au premier abord comme le GPG soluble dans l'alcool éthylique. Il ne contient pas de glycérophosphate, mais il est susceptible de se transformer en glycérophosphate par traitement à 100° par la solution normale soit de soude, soit d'acide chlorhydrique. On obtient ainsi un mélange en proportions variables des isomères α et β. En les soumettant aux mêmes essais, concernant leur constitution, que nos préparations éthylosolubles, nous arrivons aux mêmes conclusions, qui permettent de les considérer, eux aussi, comme des acides polyglycérophosphoriques. C'est pourquoi nous les désignerons désormais sous le nom de *glycérophosphatogène méthylique* (GPG méthylique) par opposition aux premières préparations de glycérophosphatogène que nous nommerons maintenant « *GPG éthylique* ».

Le caractère différentiel principal des deux groupes de GPG nous paraît être la longueur moyenne des chaînes. Pour le GPG éthylique, cette longueur moyenne, qui peut atteindre 25 à 30, ne s'abaisse pas au-dessous de 4, tandis que pour les GPG méthyliques, elle serait seulement de 2 à 3.

Cette plus grande longueur des chaînes dans les préparations de GPG éthylique est en relation non seulement avec l'éthylo-solubilité, mais avec une solubilité bien plus marquée des sels de plomb dans l'eau; car, en milieu aqueux, l'acétate neutre de plomb ne donne pas de précipité dans les solutions de GPG éthylique, tandis qu'il s'en produit dans les solutions de GPG méthylique. Notons cependant que, même dans ce cas, la solubilité du sel de plomb (ordre de 100 γ en P par centimètre cube) reste bien plus marquée que celle du glycérophosphate α ou β (ordre de 25 γ en P par centimètre cube). On peut faire une remarque parallèle pour le cas des sels de calcium en milieu alcoolique à 50°.

En ce qui concerne le phosphore que, comparativement, nous pourrions appeler « neutrolabile » (acide phosphorique libérable à pH 4,1 après chauffage 24 h à 120°), nous avons montré [3] que, dans le GPG éthylique, la proportion en est relativement faible, tout en étant très variable selon les préparations et sans rapport avec les longueurs des chaînes. Il existerait

donc, dans le GPG éthylique une fraction importante résistant à l'hydrolyse en milieu neutre.

Le même examen sur les GPG méthyliques montre que ce P neutrolabile est beaucoup plus abondant, jusqu'à atteindre la totalité du P. Autrement dit, la fraction neutrostable serait très faible, et même nulle, dès que la chaîne est réduite à 2 P.

Enfin, il nous paraît intéressant de noter que ce mode d'action des alcalis sur la lécithine que, jusqu'à maintenant, nous n'avions étudié qu'en milieu méthylique en utilisant la potasse, se manifeste d'une façon qualitativement identique si l'on remplace, dans les mêmes conditions de température (37°) et de durée (50 à 60 h), l'alcool méthylique par l'éthanol, l'isopropanol et même l'eau, qu'il s'agisse comme alcali de la soude ou de la potasse. Seules les proportions des fractions éthylosolubles, méthylosolubles et hydrosolubles varient.

En résumé, au cours de l'hydrolyse alcaline ménagée de la lécithine d'œuf, on peut obtenir des préparations (glycérophosphatogène éthylique et glycérophosphatogène méthylique) qui se conduisent comme des mélanges d'acides polyglycérophosphoriques dont la longueur de chaînes paraît conditionner la variation de leur solubilité dans l'alcool éthylique et l'alcool méthylique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse de l'acétoïne par un extrait enzymatique de* Bacillus subtilis. Note de MM. **Gérard Milhaud**, **Jean-Paul Aubert** et **Raymond Gavard**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Lemoigne et coll. [1] ont montré, avec des bactéries non proliférantes, que la synthèse de l'acétoïne par *B. subtillis* se fait selon l'équation

$$(I) \qquad 2\,CH_3{-}CO{-}COOH \rightarrow CH_3{-}CO{-}CHOH{-}CH_3 + 2\,CO_2$$

à l'exclusion d'une condensation de l'acétaldéhyde sur elle-même ou sur l'acide pyruvique. Selon Juni [2], le système enzymatique extrait d'*Aerobacter aerogenes* se compose d'un enzyme formant l'acide acétolactique $\left[CH_3{-}\underset{\displaystyle COOH}{\underset{|}{C}}(OH){-}CO{-}CH_3\right]$ à partir de l'acide pyruvique et d'un autre, décarboxylant l'acide acétolactique en acétoïne. Gunsalus [3] a observé avec un extrait de *Streptococcus faecalis* la formation de l'acétoïne aux dépens

---

([1]) *Ann. Inst. Pasteur*, 76, 1949, p. 303.

([2]) *Federation Proc.*, 6, 1950, p. 396.

([3]) *Journ. of Bact.*, 62, 1951, p. 199.

([4]) *Arch. Biochem.*, 17, 1948, p. 81.

de l'acide pyruvique selon l'équation I, et la décarboxylation de l'acide acétolactique qu'il considère comme un intermédiaire.

Techniques. — Nous avons utilisé la souche de *B. subtilis* BG 2FI du Service des Fermentations de l'Institut Pasteur. Les bactéries sont cultivées en milieu synthétique glucosé dans des boîtes de Roux. Les microbes sont lavés et séchés, l'extrait enzymatique est obtenu par ultrasonation. Les expériences sont faites à l'appareil de Warburg à 37°. L'acide pyruvique est ajouté sous forme de pyruvate de Na (« Roche »), le *d,l*-acétolactate est préparé selon Krampitz (90 % de pureté) [4].

RÉSULTATS. — *Microbes séchés.* — Les microbes séchés forment l'acétoïne à partir des acides pyruvique et acétolactique, mais le rapport de l'activité sur les deux substrats varie avec l'âge de la culture. Alors que les microbes provenant de cultures jeunes décarboxylent avec plus d'intensité l'acide acétolactique que l'acide pyruvique, des microbes provenant de cultures âgées présentent un rapport d'activité inversé.

EXTRAIT ENZYMATIQUE. — A. *Action sur l'acide pyruvique.* — La formation d'acétoïne se fait selon l'équation (1).

1° *Système complet.* — L'extrait brut est fractionné deux fois au sulfate d'ammonium entre 0,5 et 0,8 de saturation et dialysé contre eau distillée ou tampon citrate 0,1M à pH 6,2, puis eau distillée. La formation d'acétoïne ne s'effectue qu'après addition de cocarboxylase, dans l'azote ou dans l'air. Pour l'acide pyruvique $K_s = 0,2$, pour la cocarboxylase $K_s = 1,1.10^{-6}$ (en molarité).

2° *Influence du* pH. — Le maximum d'activité est situé vers pH 6,3-6,4.

3° *Rôle du phosphate.* — L'addition de phosphate en concentrations supérieures à 5.10^{-5} M n'augmente pas l'activité.

4° *Action des métaux.* — L'addition des cations bivalents Fe, Cu, Co, Zn, Ni, Mg, à la concentration 1.10^{-4} M est pratiquement sans influence; seul Mn détermine une inhibition très nette. Dans chaque cupule, pour 2 ml de solution : 60 μg de protéines, 10 μg de cocarboxylase, 20 mg de pyruvate de Na, tampon phosphate M/30 à pH 6,0. Le volume de CO_2 dégagé en 30 minutes est 200 μl sans addition de Mn, 70 μl après addition de Mn (inhibition de 65 %). La recherche du Mn indique que la quantité présente est inférieure à 1/15 μg par cupule. Or l'addition de 1/10 μg détermine une inhibition de 15 % qui croît avec la concentration en Mn. L'inhibition par le Mn 1.10^{-4} M est la même quelle que soit la quantité de cocarboxylase ajoutée de 1 à 1 000 μg par cupule. Avec un extrait moins purifié (230 μg de protéines par cupule) l'inhibition par le Mn 3.10^{-5} M est de 50 %; elle est de 90 % pour $1,5.10^{-3}$ M. Enfin la concentration en pyruvate n'influe pratiquement pas sur l'intensité de l'inhibition. Dans tous les cas, le dégagement de CO_2 observé correspond à l'acétoïne formée selon l'équation (1).

B. *Action sur l'acide acétolactique.* — La variation de l'intensité de la décarboxylation des acides acétolactique et pyruvique en fonction de l'âge de la culture, signalée plus haut pour les microbes séchés, se retrouve avec les extraits. D'autre part, le rapport de l'activité sur les deux substrats est conservé dans les différents échantillons obtenus par précipitation fractionnée au sulfate d'ammonium (0,4-0,6; 0,6-0,8; 0,8-1 sat.)

La décarboxylation de l'acide acétolactique n'est pas inhibée par le Mn. L'addition de Mn et de cocarboxylase est sans influence. La décarboxylation s'arrête lorsque la moitié de la quantité d'acétolactate présente est métabolisée, ce qui laisse à penser qu'un seul des deux isomères est attaqué.

C. *Influence de l'acétaldéhyde.* — L'extrait enzymatique est incapable de former l'acétoïne à partir de l'acétaldéhyde. L'addition d'acétaldéhyde au pyruvate (0,1 M) à des concentrations variant entre $5,10^{-5}$ et 0,1 M n'influe ni sur le cours ni sur l'intensité de la réaction. Enfin il n'a pas été possible de mettre en évidence une formation d'acétaldéhyde (captation par la semicarbazide) au cours de la décarboxylation de l'acide pyruvique.

Conclusion. — Le système formateur d'acétoïne chez *B. subtilis* se rapproche de celui décrit par Juni et Gunsalus chez d'autres bactéries. Toutefois le manganèse, qui pour Gunsalus est un activateur puissant, se révèle inhibiteur lorsque le substrat est l'acide pyruvique. L'action sur l'acide acétolactique inclinerait à considérer ce corps comme un intermédiaire possible, encore que le rapport des activités du système enzymatique sur les acides acétolactique et pyruvique varie avec l'âge de la culture.

MICROBIOLOGIE. — *Conditions thermiques différentes pour la production de l'antigène Vi par quelques entérobactériacées.* Note (*) de MM. **André Jude** et **Pierre Nicolle**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les modalités différentes dans la formation de l'antigène *Vi* par quelques Entérobactériacées permettent de répartir celles-ci en deux groupes. Le premier (*S. typhi*, *S. paratyphi* C, pathogènes pour l'Homme) produit l'antigène *Vi* en plus grande abondance vers 37°. Le second (*Ballerup*, *E. coli* Vi, dont le rôle pathogène pour les homéothermes est encore discuté) montre un optimum thermique pour l'élaboration du même facteur au voisinage de 18°.

La production de l'antigène *Vi*, révélée par l'étude des caractères *Vi* (irisation des cultures, agglutinabilité par un sérum anti-*Vi*, capacité d'absorber les agglutinines *Vi* d'un sérum spécifique, sensibilité aux bactériophages *Vi*) subit d'importantes variations suivant que *Salmonella typhi* et la souche *Ballerup* sont cultivées à 18°, à 37° ou à 41°,5. De plus,

---

(*) Séance du 5 mai 1952.

ces variations s'effectuent, chez ces deux espèces, en sens inverse : la production d'antigène *Vi* par le bacille typhique est nulle à 18°; au-dessus de cette température, elle commence à se manifester; elle passe par un maximum aux environs de 37°; puis elle diminue pour devenir très faible à 41°,5 ([1]), ([2]). Pour la souche *Ballerup*, au contraire, à 18° l'antigène *Vi* est très abondant; il l'est déjà sensiblement moins à 37°; à 41°,5, il n'est plus décelable ([3]).

Le même antigène est donc élaboré suivant des modalités totalement différentes par ces deux germes mésophiles. Sa production la plus abondante se situe, pour l'un et pour l'autre, en des points thermométriques distants de près de vingt degrés.

Ces constatations nous ont incités à étudier les préférences thermiques pour l'élaboration de l'antigène *Vi* par d'autres Entérobactériacées, en particulier *Salmonella paratyphi* C et *Escherichia coli* Vi.

La souche *S. paratyphi* C « East Africa », de Kauffmann, se comporte exactement sous ce rapport comme *S. typhi* : les caractères *Vi* font défaut lorsque ses cultures se développent à 18°. Ils atteignent leur plus grande intensité à 37°. Ils disparaissent à 41°,5.

Les seules Entérobactériacées actuellement reconnues comme productrices de l'antigène *Vi*, auxquelles manque seulement *S. hormæchei*, se répartissent donc en deux groupes suivant leur modalité d'élaboration de ce facteur aux températures étudiées : le premier groupe est constitué par des germes (b. typhique, b. paratyphique C) qui élaborent leur antigène *Vi* en plus grande abondance au voisinage de 37°. Or, cette température est précisément celle de l'Homme, leur hôte exclusif. Il semble bien, si l'on admet avec Felix et Bhatnagar ([4]) que l'antigène *Vi* protège les bactéries contre les moyens de défense de l'organisme, que l'on soit en droit de voir une relation entre l'abondance de ce facteur à 37° chez les bactéries de ce groupe et leur pouvoir pathogène pour l'Homme dont la température normale se maintient aux alentours de ce point.

Le second groupe comprend des espèces (*Ballerup*, *E. coli* Vi) qui présentent un optimum thermique pour l'élaboration de l'antigène *Vi* aux environs de 18°. Ces germes n'ont été isolés qu'exceptionnellement chez l'Homme et leur pouvoir pathogène pour celui-ci est encore discuté.

La production d'antigène *Vi* à basse température par les bactéries du second groupe autorise à se demander si ces espèces ne sont pas des parasites habituels, pathogènes ou non pathogènes, de certains poïkilothermes :

([1]) A. Felix, S. S. Bhatnagar et M. R. Pitt, *Brit. J. exp. Path.*, 15, 1934, p. 346.

([2]) A. Jude et P. Nicolle, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 346.

([3]) P. Nicolle et A. Jude, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1718.

([4]) *Brit. J. exp. Path.*, 16, 1935, p. 422.

la multiplication à la température ambiante, en leur permettant d'acquérir leur plus grande richesse en antigène *Vi*, les mettrait en mesure de mieux résister aux réactions de défense de leurs hôtes à sang froid.

En faveur de cette thèse viennent s'ajouter deux autres arguments : les germes en question fournissent d'emblée à 18° des cultures rapidement luxuriantes. Ce sont des bactéries mésophiles « basses », tandis que les espèces du premier groupe, bactéries mésophiles « hautes », ne donnent de cultures abondantes à 18° qu'après une courte période d'acclimatation. Enfin, les bactéries du groupe *Ballerup* possèdent des antigènes somatiques O très voisins de ceux du groupe *Bethesda*, dont de nombreux représentants ont été isolés chez les Lézards et les Serpents.

A 15 h 50 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Sur la proposition de la Commission de la Protection de la Nature, transmise à l'Académie par M. le Président, la délégation française à l'Assemblée générale de l'**Union internationale pour la protection de la Nature**, qui se tiendra à Caracas, du 3 au 9 septembre 1952, est ainsi composée :

MM. **Roger Heim** et **Henri Humbert**, Membres de l'Académie; un Ingénieur spécialiste des installations hydroélectriques et de leurs répercussions sur les équilibres naturels, dont le nom sera choisi ultérieurement; MM. **Jacques Berlioz**, **Clément Bressou**, **Gustave-Henri Lestel**, **André Villiers**.

La séance est levée à 16 h 10 m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances du mois d'avril 1952.

« Les heures scientifiques », collection dirigée par Roger Simonet. *Hérédité. Variation*, par René Simon. Paris, Dunod, 1952; 1 vol. 21,5 cm.

Collection de travaux de l'Académie internationale d'histoire des sciences. N° 7. *Traité akkadien de diagnostics et pronostics médicaux*, par René Labat. I. *Transcription et traduction*; II. *Planches*. Leiden, E. J. Brill, 1951; 2 vol. 24,5 cm et 32 cm.

Encyclopédie biologique. XV. *Faune du Centre africain français* (*Mammifères et Oiseaux*), par René Malbrant. Préface de Édouard Bourdelle. 2ᵉ édition. XXXIII. *Flore de l'Afrique du Nord*, par René Maire. Vol. I. Paris, Paul Lechevalier, 1952; 2 vol. 25,5 cm (présentés par M. Roger Heim).

Conceptions scientifiques, morales et sociales, par Albert Einstein, traduit de l'anglais par Maurice Solovine. Paris, Flammarion, 1952; 1 vol. 19 cm.

La science vivante. Collection dirigée par René Audubert. 14. *L'onde électronique et la chimie moderne*, par Raymond Daudel. (D'après les cours donnés par l'auteur à la Sorbonne et à l'École supérieure de chimie). Paris, Presses universitaires de France, 1952; 1 vol. 19 cm (présenté par M. Louis de Broglie).

La péninsule du Sinaï, par J. Daumas. Le Caire, Imprimerie Grunberg et Royal Automobile Club d'Égypte, 1951; 1 vol. 17 cm (présenté par M. Georges Durand-Viel).

Bibliothèque de Philosophie scientifique. Directeur : Paul Gaultier. *Les éléments chimiques et le monde vivant*, par Maurice Javillier. Paris, Flammarion, 1952; 1 vol. 19 cm.

Institut des parcs nationaux du Congo belge. Exploration du parc national de l'Upemba. Mission G. F. de Witte, en collaboration avec W. Adam, A. Janssens, L. Van Meel et R. Verheyen (1946-1949). Fasc. 5 : *Solifuge, Opiliones, Pedipalpi und Scorpiones* (arachnoïdea), von C. Fr. Roever (Bremen). Fasc. 7 : *Endomychidæ* (*Coleoptera clavicornia*), by H. F. Strohecker (Miami).

Id. — Exploration du Parc national Albert. Mission G. F. de Witte (1933-1935). Fasc. 36 : *Languriinæ et Cladoxeninæ* (*Coleoptera clavicornia*), *fam. Erotylidæ*, par A. Villiers (Dakar) (*Addendum*). Fasc. 77 : *Hexapoda*. 1° *Thysanoptera* by H. Priesner (Cairo); 2° *Suctoria* (*Aphaniptera*), par J. Cooreman (Bruxelles); 3° *Hemiptera : homoptera*, par V. Lallemand et H. Synave (Bruxelles); 4° *Coleoptera : Sagridæ*, par P. Jolivet (Bruxelles), *Clytridæ*, par P. Jolivet (Bruxelles); 5° *Diptera : Asilidæ*, by S. W. Bromley (Stamford, U. S. A.), *Simuliidæ, G. Simulium*, by P. Freeman (London).

Le rouget du porc et les différentes méthodes de vaccination préventive, par Gottlieb Flückiger. Extrait de *Les Cahiers de médecine vétérinaire*. Mars-Avril 1952. Vingt-cinquième année. Vol. XXI, n° 2; 1 feuillet 21,5 cm.

Considérations sur l'éradication de la fièvre aphteuse en Europe, par GOTTLIEB FLÜCKIGER. Extrait du *Bulletin de l'Office international des Épizooties*. T. 35. Nos 11 et 12. Novembre-Décembre 1951, p. 719; 1 fasc. 24 cm.

Tuberkulose. Bückerei. Monographien zur monatsschrift « der Tuberkulosearzt », herausgegeben von Dr. ROLF GRIESBACH und Prof. Dr. OTTO WIESE. *Probleme der Schutzimpfung und die Bekämpfung der Rindertuberkulose*, von Prof. Dr. GASTON RAMON. In die deutsche sprache übersetzt von GOTTLIEB FLÜCKIGER. Stuttgart, Georg Thieme Verlag, 1952; 1 fasc. 24 cm.

Ministère de l'Agriculture. Jardin botanique de l'État. *Flore générale de Belgique*. Préface par WALTER ROBYNS. *Spermatophytes*. Vol. I, Fasc. 1, par ANDRÉ LAWALRÉE. Bruxelles, 1952; 1 vol. 25 cm.

Extraits des Comptes rendus des séances de la classe III : Sciences mathématiques et physiques, de la Société des sciences et des lettres de Varsovie. XLII, 1949. Pages 1 à 3 : *Sur un problème de M. Zarankiewicz*. Pages 4 à 8 : *Sur un exemple de M. Kunugi de la théorie des espaces abstraits*. Pages 18 à 22 : *Un théorème sur les fonctions d'ensemble*. Pages 30 à 35 : *Sur quelques propriétés des familles d'ensembles*. Pages 36 à 40 : *Sur quelques propositions qui entraînent l'existence des ensembles non mesurables*. Pages 182 à 184 : *Sur les bases dénombrables de la famille de tous les ensembles linéaires dénombrables*, par WACLAW SIERPINSKI; 6 fasc. 24 cm.

Sur la convergence absolument uniforme des séries de fonctions, par WACLAW SIERPINSKI. Extrait de *Ganita*. Vol. I, no 2, décembre 1950; 1 fasc. 24 cm.

Extraits de *Le Matematiche*, volume unico, anno 1951. Vol. VI. *Sur une propriété des ensembles plans fermés et bornés*, et *Sur l'existence des nombres premiers avec une suite arbitraire de chiffres initiaux*, par WACLAW SIERPINSKI. Catania, Casa del libro, 1951; 2 fasc. 24 cm.

(*A suivre*.)